

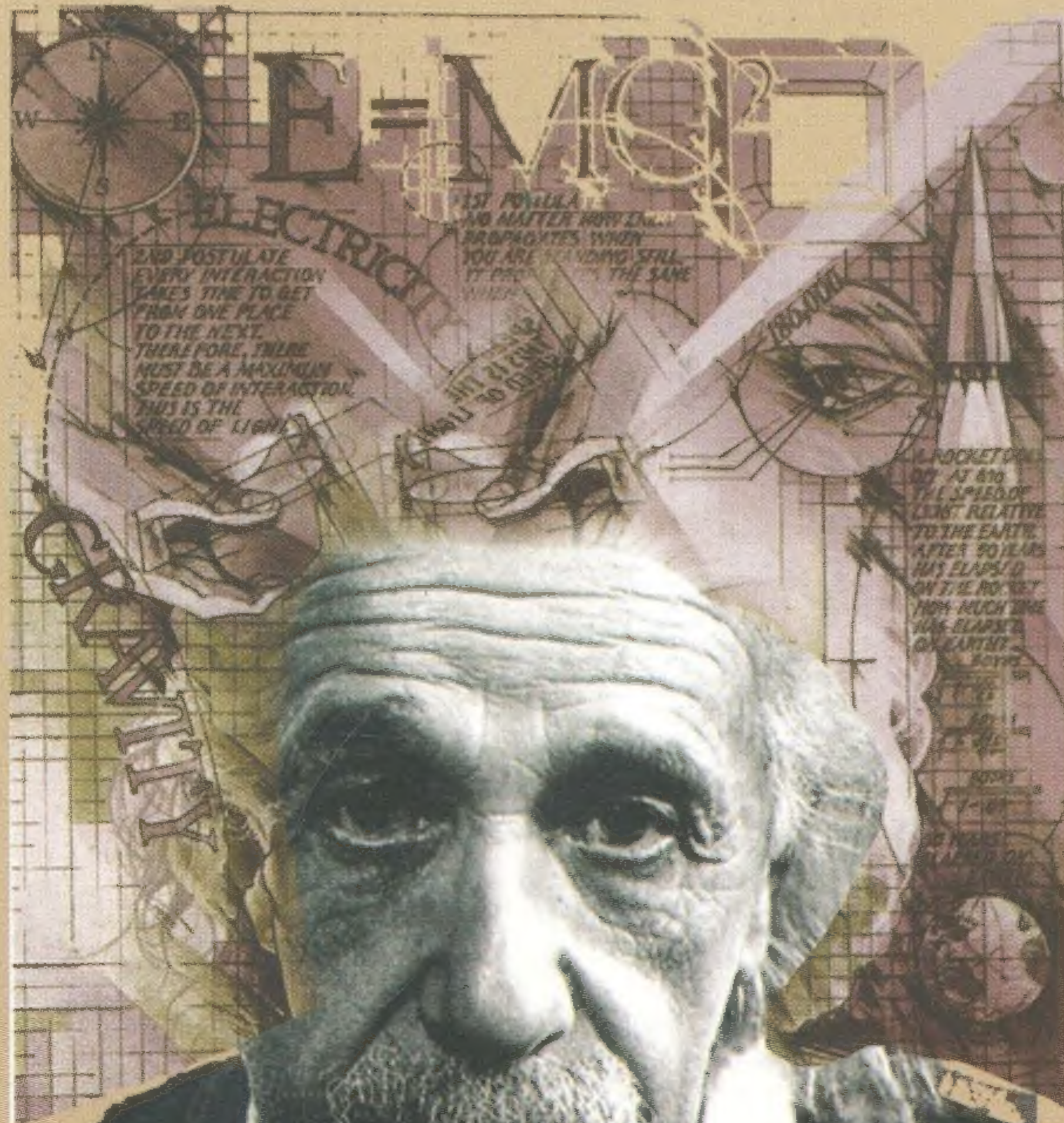
ألبرت أينشتاين

ميراث الترجمة

# النسبية

النظرية الخاصة والعامة

ترجمة: رمسيس شحاتة  
راجع: محمد مرسى أحمد  
تقديم: عطية عاشور



المجلس  
الأعلى  
للثقافة



المشروع المقوم للترجمة

828



المشروع القومي للترجمة

# النسبية

النظرية الخاصة والعامة

تأليف : ألبرت أينشتاين

ترجمة : رمسيس شحاته

راجعه : محمد مرسى أحمد

تقديم : عطية عاشور



٢٠٠٥



المشروع القومي للترجمة

إشراف : جابر عصفور

سلسلة ميراث الترجمة

المحرر : طلعت الشايب

– العدد : ٨٢٨

– النسبية – النظرية الخاصة والعامة

– ألبرت أينشتاين

– رمسيس شحاته

– محمد مرسى أحمد

– عطية عاشور

– ٢٠٠٥

– صدرت الطبعة الأولى ١٩٦٥

هذه ترجمة كتاب :

**Relativity : The Special and The General Theory**

**ALBERT EINSTEIN** : تأليف

**1916**

---

**حقوق الترجمة والنشر بالعربية محفوظة للمجلس الأعلى للثقافة**

شارع الجبلية بالأوبرا – الجزيرة – القاهرة ت ٧٣٥٢٣٩٦ فاكس ٧٣٥٨٠٨٤

El Gabalaya St., Opera House, El Gezira, Cairo

Tel : 7352396 Fax : 7358084.

---

تهدف إصدارات المشروع القومي للترجمة إلى تقديم مختلف الاتجاهات والمذاهب الفكرية للقارئ العربي وتعريفه بها ، والأفكار التي تتضمنها هي اجتهادات أصحابها في ثقافتهم ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلس الأعلى للثقافة .

## تقديم

### عطية عاشور

هذا الكتاب الذى ألفه صاحب النظرية النسبية ، والذى نشر عام ١٩١٦ وأعيد طبعه بلغته الإنجليزية خمس عشرة مرة على الأقل ، وتمت ترجمته منذ حوالى ٤٠ عاماً .  
(قام بالترجمة الدكتور/ رمسيس شحاته وراجعها المرحوم أ.د. محمد مرسى أحمد) ، لا يزال من أفضل الكتب المبسطة عن النظرية النسبية الخاصة والعامة ، وسبب ذلك أن صاحب النظرية يقدم فيه أسسها فى سهولة ويسر ، ويتغلب فى براعة فائقة على تردد المتطبعين بالفيزياء الكلاسيكية فى الانفلات من الهندسة الأقليدية وما يصاحب ذلك من عدم القبول بالجديد . إن من أهم مميزات الكتاب أيضاً أنه موجه للدارسين فى نهاية المرحلة الثانوية من التعليم ويطالبهم بالصبر وبذل الجهد .

إن نتائج النظرية النسبية وتطبيقاتها قد طورت المعرفة العلمية ، وأوصلت إلى غزو الفضاء وفك الكثير من أسرارها ، كما ساعدت على دراسة وتطوير نظرية الجسيمات الأولية والكثير من موضوعات الفيزياء الحديثة ، كما أن التنبؤات التى طرحتها النظرية النسبية فى الثلاثينيات والأربعينيات من القرن الماضى قد تحققت عن طريق العالمين أوبنهايمر وجورج جامو ، وقد تم الكشف عن ذلك فى النصف الثانى من القرن العشرين ، ومن هذه الأعمال الكشف عن إشعاع الخلفية الكونية بدرجة حرارة مطلقة ٢,٧٣ ، وذلك عام ١٩٦٥ ، وكان جورج جامو قد تنبأ بها عام ١٩٤٤ ، واكتشاف نجوم النيوترون ، التى تنبأ بها أوبنهايمر عام ١٩٣١ .

لقد صدرت ترجمة هذا الكتاب إلى العربية عام ١٩٦٥ ، أى منذ أربعين عاماً (كما نكرنا من قبل) وإعادة طبع هذه الترجمة بمناسبة مرور ١٠٠ عام على ظهور نظرية النسبية الخاصة هو أمر جيد للغاية ، وياحبذا لوزع هذا الكتاب على طلاب المرحلة الثانوية العامة الذين يدرسون الرياضيات والفيزياء وتقديم النظرية النسبية لهم مبسطة وبقلم صاحبها .  
وأختم هذا التقديم بشكر المسئولين عن المشروع القومى للترجمة على قرار إعادة طبع الكتاب .





# التربية

الطريقة الخاصة والعامه

بإشراف  
الإدارة العامة للثقافة  
بوزارة التعليم العالي

تصدر هذه السلسلة بمعاونة  
لجنة النشر العلمى بوزارة التعليم العالى

# النسبية

الطريقة الخاصة والعام

تأليف

ألبرت أينشتاين

رأجه

دكتور محمد مرسى أحمد

ترجمه

دكتور مسيس شحادة

دار تحف مصر

للطبوع والنشر

القاهرة

١٩٦٥

تلك ترجمة كتاب:

**Relativity: The Special and The General Theory**

**ALBERT EINSTEIN**

تأليف:

## مقدمة المؤلف

أتمنى لهذا الكتاب أن يوفر للقارىء الذى يهتم بدراسة نظرية النسبية فلسفيا وعمليا وسيلة سهلة يحقق بها أمله فى دراستها دراسة تامة حتى ولو لم يكن متمكنا من الجيز الرياضى الذى تتطلبه دراسة الفزياء النظرية . وعلى الرغم من قلة صفحات هذا الكتاب فإن قراءته تستلزم عزيمة لا يلبين ومشاركة على تعمق الفكر ومستوى ثقافيا يضارع مستوى القبول فى الجامعات . ولقد بذلت غاية الجهد فى سبيل توضيح الافكار الأساسية أحسن إيضاح فوضعتها فى أبسط صورة وأسهلها فهما . أما من حيث التسلسل والارتباط فقد تركتها فى مجموعها على سبيلتها مثلما خطرت لى أصلا . ولم أدخر وسعا فى سبيل الوضوح السكامل فلم أسلم فى كثير من المواقف من التكرار ولم أهتم أى اهتمام ببلاغة الأسلوب وطلاوته فإنى مثل ل . بولتزمان — ذلك العالم الفذ — أعتقد أن أمور التائق يجب تركها للترزى والإسكاف . ولست أدعى أنى قد باعدت بين القارىء والصعوبات المتصلة بالموضوع إنما قصدت إلى معالجة الأساس الفزيائى التجريبي للنظرية بطريقة حانية عمادها التيسير والرفق حتى لا أترك القارىء الذى لا يلم بالفزياء يشعر بالتيه أو الضياع كمن أضلته الأشجار عن الغابة . إنى أتمنى أن يهيب هذا الكتاب للقراء لحظات من التفكير الملهم .



### تعليق بمناسبة الطبعة الخامسة عشرة

لقد أضفت في هذه الطبعة الخامسة عشرة ملحقا خامسا يتضمن آرائى فى مشكلة المكان عموما والتغيرات التدريجية التى طرأت على تصورنا له نتيجة لوجهة النظر «النسبية» ، لقد أردت أن أوضح أن المكان ليس بالضرورة شيئا يمكن أن نمنحه وجودا منفصلا بطريقة مستقلة عن الأجسام الموجودة فعلا فى دنيا المادة . إن الأجسام المادية ليست « فى المكان » بل هى « امتداد مكاني » وهذه الطريقة يفقد « تصور المكان الفارغ » معناه .

أ . أينشتين

٩ يونيو سنة ١٩٥٢





الجزء الأول  
نظرية النسبية الخاصة



## الفصل الأول

### المعنى الفيزيائي للقضايا الهندسية

لعل الغالبية الكبرى ممن يقرءون هذا الكتاب قد تعرفوا في حياتهم الدراسية على ما في هندسة إقليدس من منطق نبيل ولعلمهم يذكرون - احتراماً لا حياً - ذلك الصرح الشاخ الذي ساقهم في تسلق درجه أساتذة أمناء مهرة طوال ساعات لا حصر لها. ولا شك أن القارى سينظر بعين الريبة والازدراء إلى كل من يجرؤ على التشكيك في صدق أية قضية من قضايا الهندسة ونظرياتهما مها كانت ثانوية . ولا شك أن السر في ذلك هو ما تولد في نفس القارى خلال تجربته السابقة مع الهندسة من شعور وطيد بالثقة . ولكن . . . أليس لهذه الثقة حدود . . . ؟ لو أن أجدا سألك أيها القارى العزيز: ماذا تعنى بتأكيدك أن هذه القضايا صادقة؟ لعلك لو تأملت قليلا مضمون هذا السؤال والآفاق التي يفتحها أمامنا لرأيت أركان هذه الثقة الكاملة قد اهتزت واكتنفتها الظلال . ولذلك أعتقد أنه لا بد لنا أن نتأمل هذا الأمر معا بامعان وروية .

إن الهندسة تتبع من تصورات معينة مثل تصور المستوى والنقطة والمستقيم . ونحن نستطيع أن نربط بهذه التصورات أفكاراً محددة نوعاً ما تمثلها جيداً . والهندسة تقوم بجانب ذلك على قضايا بسيطة معينة « بديهيات » ونحن نميل بسبب حسن تصورنا لتلك الأفكار المحددة إلى التسليم بأن هذه البديهيات صادقة . ثم بطريقة منطقية دامغة لاسبيل إلى إنكار وجاقتها نقيم الدليل على أن كل القضايا الباقية تتسلسل من البديهيات ، أى أننا نقيم بذلك البرهان عليها . ومن هنا نرى أن قضايا

الهندسة تكون صحيحة ( صادقة ) عندما تكون مشتقة من البديهيات على النحو المسلم به . وهكذا نجد أن البحث في « صدق » القضية الهندسية الواحدة يتحول في آخر الأمر إلى البحث في « صدق » البديهيات . ولكننا قد عرفنا منذ أمد بعيد أن البحث في صدق البديهيات لا يمكن معالجته بالطرق الهندسية بل إنه لا معنى له بالكلية فلا وجه لأن تتساءل مثلا إن كان صدقاً أنه لا يوجد إلا خط مستقيم واحد يصل بين نقطتين أم لا . كل ما يمكن أن نقوله هو أن هندسة إقليدس تعالج أشياء تسمى « خطوطاً مستقيمة » وتنسب لأي واحد منها خاصية التعيين بذاته بنقطتين واقعتين عليه : ونحن نعلم أن التصور الذي نعبر عنه بكلمة « صادق » نقصد به عادة شيء له وجود حقيقي . ( والهندسة ليست معنية بعلاقات المفاهيم الداخلة فيها بالأشياء الواقعية واسكنها معنية فقط بالصلات المنطقية لهذه المفاهيم فيما بينها .

وليس من العسير أن نرى لماذا كنا على الرغم من هذا مسوقين إلى القول « بصحة » القضايا الهندسية . فالمفاهيم الهندسية تناظر إن كثيراً أو قليلاً أشياء بالذات لها وجود في الطبيعة ، وهذه الأشياء دون ريب السبب الوحيد في نشأة هذه المفاهيم . ولا شك أنه يجب على الهندسة أن تتنكب هذا الطريق إذا أرادت أن يكون لبنائها أكبر وحدة منطقية ممكنة . نخذ مثلا تلك العادة المتأصلة في تفكيرنا في أن كل ما في المسافة هو موضع نقطتين على جسم متناسك . أو أيضا ما درجنا عليه من اعتبار ثلاث نقط على استقامة واحدة إذا استطعنا أن نجعل مواضعها الظاهرية تنطبق على مسار شعاع بصري واحد ، وذلك إذا أحسنا اختيار الموضع الذي نرصد منه هذه النقط الثلاث .

ولكننا نستطيع أن نستعيد ثقتنا الأولى إلى حد ما وذلك إذا أضفنا إلى قضايا هندسة إقليدس القضية التالية : « تناظر نقطتان على جسم

جاسيء نفس المسافة دائماً (الفترة الخطية) مهما حدث من تغيرات في موضع الجسم ، عند ذلك نجد أن قضايا هندسة إقليدس تتحول فجأة إلى قضايا عن المواضع النسبية الممكنة للأجسام الجاسئة<sup>(١)</sup> . والهندسة التي أكملت بهذه الصورة يجب أن تعالج على اعتبارها فرعاً من الفزياء<sup>(٢)</sup> . ويحق لنا عندئذ أن نتساءل عن صدق قضايا الهندسة مفسرة على هذا النحو . لآتنا أصبحنا نستطيع أن نختبر هل تتفق فعلاً هذه القضايا مع الأشياء الحقيقية التي ربطناها فيما سبق بالأفكار الهندسية أم لا . أو بعبارة أخرى – ولو أنها أقل دقة – يمكننا أن نعبر عن ذلك بأن نقول إننا نقصد بصدق قضية هندسية ما بهذا المعنى قابليتها للتنفيذ باستعمال المسطرة والفرجار .

وهكذا نرى بوضوح أن الاقتناع بصدق القضايا الهندسية بهذا المعنى يستند كلية على تجربة لا يمكن اعتبارها بحال من الأحوال كاملة بل هي أقرب ما تكون إلى النقص ولكننا مع ذلك سنسلم الآن بصدق القضايا الهندسية وسنرى فيما بعد ( في نظرية النسبية العامة ) أن هذا الصدق محدود ، وسنحاول أن نعين مدى هذه الحدود .

\* \* \*

(١) يتبع هذا ان يرتبط جسم طبيعي بخط مستقيم وهكذا تقع النقط ا ، ب ، ح على جسم جاسيء على خط مستقيم حينما نختار النقطة ب وقد حددنا من قبل النقطتين ا ، ح بحيث يكون مجموع المسافتين ا ب ، ب ح أقصر ما يكون . وسيبقى هذا الاقتراح الناقص بالفرض الذي ننشده حالياً .

(٢) هذا هو ما يسمى بفزياء الهندسة وهو حجر الزاوية الذي شاد عليه ريمان هندسة الفضاء الكروي المنحني مترسماً خطي لوياتشفسكي أبو الهندسات اللاقليدية وجاوس الذي اهتدى الى الوسيلة الرياضية انعاماً للدراسة المتصلات متعددة الابعاد . واذا اضفنا الى هذه الافكار فكرة تساوي الكتلة القصورية والكتلة الجاذبية حصلنا على هيكل نظرية النسبية العامة ( المترجم ) .

## الفصل الثاني

### مجموعة الإحداثيات

لقد شرحنا في الفصل السابق التفسير الفزيائي للمسافة واستناداً إلى هذا التفسير نستطيع أن نحدد بسهولة المسافة التي تفصل بين نقطتين على جسم جاسيء وذلك بواسطة القياس . وكل ما نحتاج إليه للقيام بعملية القياس هو « مسافة ما » ولتكن « القضيب ل مثلاً ، نتفق عليها مقدماً ونعتبرها وحدة عيارية للقياس فإذا كانت  $a$  ب نقطتين على جسم جاسيء فإننا نستطيع إنشاء الخط الذي يوصل بينهما بالطرق الهندسية ونستطيع ابتداءً من  $a$  أن نطبق القضيب على هذا الخط وأن نكرر ذلك بحيث تطابق نقطة ابتدائه في كل مرة نهايته في المرة السابقة إلى أن نصل إلى  $b$  ، وعدد مرات تكرار هذه العملية هو القياس العددي للمسافة  $ab$  . إن هذا هو أساس كل عمليات قياس الأطوال (١) .

إن كل وصف لمسرح أية حادثة أو لموضع جسم ما في الفضاء يستند أساساً إلى تعيين النقطة التي تناظر مسرح الحادثة أو موضع الجسم من نقط مجموعة الإسناد . وليس هذا النحو في وصف مسارح الحوادث ومواضع الأجسام وقفاً على العلم وحده بل إنه في الواقع عين ما نلجأ إليه في حياتنا اليومية . إننا إذا تأملنا تحليلياً التحديد المكاني : « حادثة في ميدان

(١) لقد فرضنا هنا أنه لم يتبق شيء أي نتيجة القياس عدد صحيح ونحن نتغلب على هذه المشكلة أيضاً باستعمال قضبان القياس المقسمة إلى أجزاء واستعمالها على هذه الصورة لا يتطلب تعديلاً جوهرياً في طريقة القياس .

التحرير بالقاهرة مثلاً ، أمكن أن نصل بسهولة إلى النتيجة التالية : إن الأرض هي مجموعة الإسناد التي نسند إليها التعيين المكاني ، وميدان التحرير نقطة محددة جيداً على سطح الأرض أطلق عليها هذا الاسم وهذه النقطة هي النقطة التي تتفق ومسرح الحادثة في المكان .<sup>(١)</sup> .

وهذه الطريقة البدائية في تعيين المكان لا تصلح إلا بالنسبة للأماكن التي تقع على سطوح الأجسام الجاسئة وبشرط وجود نقط على هذه الأجسام يمكن تمييزها عن غيرها من النقط . ولـكننا نستطيع أن نتحرر من كل هذه القيود دون أن نغير الأساس الذي نعتمد عليه في تعيين المواضع . فإذا كانت هناك سحابة فوق ميدان التحرير مثلاً فإننا نستطيع أن نعين مكانها بالنسبة إلى سطح الأرض بأن نقيم عموداً يصل بينها وبين الميدان وطول هذا العمود مقيساً بقضيب القياس العياري مشتركاً مع ما يحدد نقطة قاعدة العمود يعطينا معاً تحديداً كاملاً لموضع السحابة في الفضاء . ومن هذا المثل نرى بوضوح الطريقة التي تم بها تهذيب الفكرة الأساسية في عملية تحديد المواضع عموماً . وتتلخص خطوات هذه العملية فيما يلي :

( أ ) أن نتخيل الجسم الجاسئ الذي نسند إليه التعيين المكاني مزوداً على نحو يمكنه من الوصول إلى الجسم المراد تعيين موضعه .

( ب ) نستعمل في تحديد موضع الجسم عدداً بدلاً من الالتجاء إلى نقط إسناد معينة ( وهو في هذه الحالة طول العمود مقيساً بقضيب القياس « وحدة القياس » ) .

---

(١) ليس من الضروري هنا أن نتقصى إلى أبعد من ذلك معنى عبارة الاتفاق في المكان فهذا التصور واضح الوضوح الكافي لتجنب اختلاف الرأي حول إمكان تطبيقه عملياً .

( هـ ) نستطيع أن نحصل على ارتفاع السحابة حتى ولو لم نعلم العمود فعلا فنحن إذا رصدنا السحابة ضوئياً من مواقع مختلفة على الأرض . وإذا أدخلنا في حسابنا خواص انتشار الضوء نستطيع أن نعين طول العمود الذي كان علينا أن نقيمه حتى نصل إلى السحابة .

عما تقدم نرى أنه سيكون من المستحسن لو أمكن عند وصف المواقع عموماً أن نتحرر بطريقة القياسات العددية من ضرورة الالتجاء إلى ذكر مواقع معينة لها أسماء خاصة تتميز بها على مجموعة الإسناد التي نرجع إليها . ونحن نحقق ذلك في القياسات الفيزيائية بتطبيق مجموعة إحدائيات ديكرت .

وهي تتكون من ثلاثة سطوح مستوية متعامدة ومرتبطة ارتباطاً جاسماً بجسم جاسم . ويتحدد موقع أية حادثة إذا أسندناه إلى مجموعة الإسناد بتعيين أطوال ثلاثة الأعمدة أو الإحدائيات ( س . ص . ع ) التي يمكن إسقاطها من مسرح الحادثة على ثلاثة السطوح المستوية التي تكون مجموعة الإسناد . وأطوال هذه الأعمدة الثلاثة يمكن تحديدها بسلسلة من عمليات القياس تتم باستعمال قضبان القياس تبعاً للقواعد والطرق التي وضعها هندسة إقليدس .

وليس من المستطاع دائماً في الحياة العملية الحصول على السطوح الجاسمة التي تتكون منها مجموعة الإسناد، وفوق ذلك فإن مقادير الإحدائيات لا تحدد عملياً بطريق القياس المباشر بقضبان القياس فقط. ولكن بطرق غير مباشرة أيضاً، فإذا كنا نريد أن تحتفظ النتائج التي توصلنا إليها في الفزياء والفلك بوضوحها يجب أن لا يغيب عن بالنا أن تعيين المواقع يفقد معناه الفزيائي ما لم يخضع للاعتبارات التي ذكرناها آنفاً (١) .

---

(١) لا يصبح اكمال وتحويل هذا الاعتبار ضرورياً الى ان نعالج نظرية النسبية العامة التي سنناقشها في الجزء الثاني من هذا الكتاب .



وهكذا نصل إلى النتيجة التالية : إن وصف الحوادث التي تتم في الفضاء يحتم علينا الالتجاء إلى مجموعة إسناد جاسئة تنسب إليها هذه الحوادث ، والعلاقة الناتجة تسلم جدلاً بأن قوانين الهندسة الإقليدية تنطبق على المسافات باعتبار المسافة يمثلها فزيائياً اتفاق سابق على علامتين على جسم .جاسئء .

\* \* \*

## الفصل الثالث

### المكان والزمان في الميكانيكا الكلاسيكية

« إن الميكانيكا تهدف إلى وصف كيفية تغيير الأجسام لمواقعها في المكان بمرور الزمن ، . لا شك أني لو ألقيت مثل هذا القول على علاقته دون تفكير جدي وإيضاحات مفصلة عن أهداف الميكانيكا أكون قد أثقلت ضميري بآثام جسام ضد روح النورح المقدسة .

والآن دعنا نكشف الغطاء عن هذه الآثام وأولها هو عدم وضوح ما نقصده هنا بكلمتي «الموقع» و «المكان» . فإذا فرضنا أني أقف بناقذة عربية قطار يسير بسرعة انتقال منتظمة وأني أسقطت حجراً على طريق السكة الحديدية دون أن أقذف به فإني إذا تناضيت عن أثر مقاومة الهواء أجد أن هذا الحجر يظهر بالنسبة لي كأنه يسقط في خط مستقيم بينما يراه رجل واقف على جانب الطريق يسقط إلى الأرض في منحنى يسمى قطع مكافئ . وإني أتساءل الآن هل تقع النقط التي مر بها الحجر « في الحقيقة » على خط مستقيم أو على منحنى قطع مكافئ ؟ وفوق ذلك ماذا نقصد هنا بعبارة الحركة « في المكان » . . . ؟ إننا في ضوء الاعتبارات التي قدمناها في الفصل السابق نجد أن الجواب على هذا السؤال واضح للعيان والسبيل إليه هو أن نحذف أولاً وقبل كل شيء تلك الكلمة الغامضة «المكان» التي تقتضى الأمانة أن نعترف بأننا لا نستطيع أن نكون عنها أدنى فكرة ، ثم نحل محلها عبارة « الحركة بالنسبة إلى مجموعة إسناد جاسئة » . أما المواقع بالنسبة إلى مجموعة الإسناد (عربة القطار أو قضيب السكة الحديدية) فقد سبق لنا تعريفها تفصيلاً في الفصل السابق فإذا وضعنا بدلاً من عبارة « مجموعة الإسناد ،

عبارة « مجموعة الإحداثيات » - وهي فكرة رائعة يمكن الاعتماد عليها في الوصف الرياضى - نجد أننا قد أصبحنا في موقف يؤهلنا لأن نقول : « إن الحجر يقطع عند سقوطه خطأ مستقيماً بالنسبة إلى مجموعة إسناد مرتبطة ارتباطاً جاسماً بعربة القطار ولكنه بالنسبة إلى مجموعة إسناد مرتبطة ارتباطاً جاسماً بالأرض قضيب السكة الحديدية ) يقطع قطعاً مكافئاً ونحن نرى بوضوح بفضل هذا المثل أنه لا وجود لشيء مثل « مسار مستقل الوجود » ( حرفياً منحني المسار )<sup>(1)</sup> إنما كل ما هناك هو مجرد مسار نسبي بالنسبة إلى مجموعة إسناد خاصة .

ولكى يكون وصفنا للحركة كاملاً يجب أن نعين كيف يغير الجسم موقعه بمرور الزمن . أى أننا يجب أن نذكر بالنسبة إلى كل نقطة على المسار وقت وجود الجسم بهذه النقطة . وحتى هذه المدلولات لا تكفى لأن تجعل وصفنا للحركة كاملاً إنما يجب أن يضاف إليها تعريف للزمن يجعل من المستطاع اعتبارها - وهي قيم زمانية أصلاً - مقادير ( نتائج للقياس ) يمكن معرفتها عن طريق الملاحظة وفي حالة المثل التوضيحي السابق نصل إلى تحقيق هذا الهدف - على أساس الميكانيكا الكلاسيكية - بأن نتصور أن هناك ساعتين متشابهتين في التركيب إحداهما مع الراصد الذى يطل من نافذة القطار والأخرى مع الراصد الذى على جانب الطريق الحديدى وأن نطلب إليهما أن يحدد كل منهما موضع الحجر بالنسبة إلى مجموعة إسناد كل منهما فى كل لحظة تعينها الساعة . ونحن نتجاوز فى هذا عن الخطأ الذى يترتب على سرعة انتشار الضوء المحددة . وسنتكلم بالتفصيل عن ذلك وعن صعوبة أخرى قائمة هنا فى فصول تالية .

\* \* \*

---

(1) أى المنحنى الذى يتحرك عليه الجسم .

## الفصل الرابع

### مجموعة الإحداثيات الجاليلية

كلنا نعلم جيداً أننا نستطيع لو شئنا أن نضع القانون الأساسي لميكانيكا جاليليو - نيوتن وهو المعروف بقانون القصور الذاتي على النحو الآتي :

« كل جسم معزول بدرجة كافية عن بقية الأجسام يستمر ساكناً أو متحركاً بحركة منتظمة في خط مستقيم » . وهذا القانون لا يدلنا إلى حد ما على حركة الأجسام فحسب بل إنه يشير أيضاً إلى مجموعات الإسناد أو مجموعات الإحداثيات الممكنة في الميكانيكا والتي يمكن الالتجاء إليها عند الوصف الميكانيكي . فالنجوم الثابتة التي يمكن رؤيتها أجسام معزولة بدرجة كافية، ويمكن أن يطبق عليها قانون القصور الذاتي إلى درجة عالية من التقريب . ولكننا إذا استعملنا مجموعة إحداثيات مرتبطة بالأرض ارتباطاً جاسماً نجد أن كل نجم ثابت يتحرك بالنسبة إلى هذه المجموعات في دائرة هائلة القطر خلال يوم فلكى وهذا يجعل هذه المجموعات تتعارض مع نص قانون القصور الذاتي ولذلك إذا أردنا التمسك بهذا القانون وجب علينا قصر إسناد الحركات عموماً على مجموعات الإحداثيات التي تكون حالتها من الحركة بحيث ينطبق عليها قانون القصور الذاتي وتسمى « مجموعة إحداثيات جاليلية » ولا تعتبر قوانين ميكانيكا جاليليو - نيوتن صحيحة إلا بالنسبة إلى مجموعات الإحداثيات الجاليلية هذه فقط .



## الفصل الخامس

### مبدأ النسبية ( بالمعنى المقيد )

دعنا نعود تلبساً لأقسمى وضوح ممكن إلى مثل عربة القطار التي تتحرك بسرعة منتظمة . إننا نسمي حركتها انتقالاً منتظماً ( منتظماً لأن سرعته واتجاهه ثابتان وانتقالاً لأنه بالرغم من أن العربة تغير موضعها بالنسبة إلى قضيب السكة الحديدية فإنها مع ذلك لا تدور أثناء حركتها ) ولنفرض الآن أن غراباً يطير بحيث تبدو حركته لمن يرقبها من فوق قضيب السكة الحديدية منتظمة وفي خط مستقيم . إننا إذا كان علينا أن نرصد نفس الغراب الطائر ونراقبه من عربة القطار المتحركة لوجدنا أن حركته سوف تبدو مختلفة السرعة والاتجاه عنها في الحالة الأولى ولكنها ستظل مع ذلك منتظمة وفي خط مستقيم . ولهذا يمكن أن نقول على وجه التجريد ، إذا كانت الكتلة ك تتحرك بانتظام في خط مستقيم بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م فإنها تكون أيضاً متحركة بحركة منتظمة وفي خط مستقيم بالنسبة إلى مجموعة إسناد أخرى م' مادامت مجموعة الإسناد الأخيرة تتحرك بحركة انتقال منتظمة بالنسبة إلى المجموعة م ، وتبعاً لما ذكرنا في الفصل السابق ترى أنه :

إذا كانت م مجموعة إسناد جاليلية فإن كل مجموعة إسناد أخرى م' تكون جاليلية أيضاً عندما تكون في حالة حركة انتقال منتظمة بالنسبة إلى المجموعة م فتكون قوانين ميكانيكا جاليليو - نيوتن صحيحة بالنسبة إلى المجموعة م' مثل ما هي صحيحة بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م .

والآن دعنا نتقدم خطوة أخرى في تعميمنا فنعتبر عن المبدأ على هذا النحو: — «إذا كانت مَ مجموعة إسناد تتحرك بحركة منتظمة خالية من الدوران بالنسبة إلى م فإن كل الظواهر الطبيعية بالنسبة إلى م تخضع لنفس القوانين الطبيعية العامة التي تخضع لها في م» ، ويسمى هذا النص «مبدأ النسبية» (بالمعنى المقيد)

وعندما كنا مقتنعين بأن كل الظواهر الطبيعية يمكن تمثيلها بمساعدة قوانين الميكانيكا الكلاسيكية لم يكن هناك داع إلى الشك في صحة مبدأ النسبية ، ولكنه ظهر شيئاً فشيئاً مع تقدم الديناميكا الكهربائية وعلم المصريات أن الميكانيكا الكلاسيكية لم تعد تقدم أساساً كافياً لوصف كل الظواهر الطبيعية، وعند ذلك قفز السؤال عن صلاحية مبدأ النسبية وصحته إلى مسرح المناقشة ، ولم يستبعد في ذلك الحين أن تكون الإجابة عليه بالنفي .

ومع ذلك فهناك حقيقتان عامتان ضخمتان تؤيدان تأييداً واضحاً صدق مبدأ النسبية . فالميكانيكا الكلاسيكية بالرغم من أنها أصبحت لا تمدنا بأساس شامل يكفي لأن يفسر نظرياً كل الظواهر الطبيعية فإننا لانستطيع أن ننكر عليها قدراً عظيماً من «الصدق» حيث إنها تفسر لنا تفسيراً يبلغ حد الروعة في دقته حركات الأجرام السماوية وعلى ذلك يجب أن يصدق مبدأ النسبية بدقة عظيمة في مجال الميكانيكا أيضاً . أما أن يصدق بهذه الدقة العظيمة مبدأ عام كهذا في مجال من مجالات الظواهر وأن يكبو في غيرها فامر يكاد يكون بديهياً أنه غير محتمل .

أما الحجة الأخرى ولو أننا سنعود إليها فيما بعد فتتلخص في أنه إذا كان مبدأ النسبية (بالمعنى المقيد) خطأ فإن مجموعات الإسناد الجاليلية مَ ، مَ ، مَ ... إلخ التي تتحرك بحركة منتظمة بالنسبة لبعضها البعض لن تكون متكافئة من حيث ملاءمتها لوصف الظواهر الطبيعية وفي هذه الحالة سنجد

أنفسنا محمولين على الاعتقاد بأن القوانين الطبيعية لا يمكن التعبير عنها بطريقة سهلة إلا في حالة خاصة واحدة وذلك عندما نكون قد اخترنا كمجموعة إسناد لنا من بين كل مجموعات الإحداثيات الجاليلية مجموعة واحدة لها حالة خاصة من الحركة ، وسيحق لنا عندئذ (وذلك بسبب مزأيا هذه المجموعة من حيث الملائمة في وصف الظواهر الطبيعية ) أن نسمى هذه المجموعة م في حالة «سكون مطلق» وكل المجموعات الجاليلية الأخرى م في حالة «حركة». فإذا كان طريق السكة الحديدية مثلا يناظر المجموعة م فإن عربة القطار تناظر المجموعة م وتكون القوانين الخاصة بالمجموعة الأولى م أبسط من قوانين المجموعة الثانية م . وهذا التعقيد في قوانين المجموعة الثانية مرجعه أن العربة تتحرك في الحقيقة بالنسبة إلى م وسيتدخل مقدار واتجاه سرعة العربة في تحديد القوانين الطبيعية العامة بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م . لذلك كان علينا أن نتوقع مثلا أن تختلف نغمة صادرة عن أنبوبة أرغن محورها في اتجاه حركة العربة عن نغمة صادرة من نفس أنبوبة الأرغن عندما يكون محورها في اتجاه عمودي على اتجاه حركة العربة . ولما كانت الأرض بسبب حركتها في مدارها حول الشمس تشبه عربة قطار تتحرك بسرعة ٣٠ كم في الثانية فعلينا إذا أن نتوقع إذا كان مبدأ النسبية غير صحيح أن يتدخل إتجاه حركة الأرض في تكيف القوانين الطبيعية ، وكذلك سوف يعتمد سلوك المجموعات الفيزيائية على اتجاهها في الفضاء بالنسبة للأرض لأنه لما كان اتجاه سرعة الأرض في دورانها يتغير خلال العام فإنها لا يمكن أن تكون في حالة سكون بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م خلال العام كله . ولكنه لم يحدث أبدا أن كشفت الملاحظة الدقيقة عن أى تأثير أو تدخل للاتجاهات في تحديد القوانين الطبيعية في الفضاء الأرضي ، أى أننا لم نجد أى اختلاف أو فارق بين خواص الاتجاهات المختلفة في الفضاء لأنها كلها متكافئة وهذا تأييد قوي لمبدأ النسبية.

## الفصل السادس

### نظرية تركيب السرعات المستعملة في الميكانيكا الكلاسيكية

تخيل أيها القارئ العزيز عربة القطار تتحرك على القضبان بسرعة ثابتة قدرها  $c$  وتخيل رجلاً يعبر العربة طولاً في اتجاه سير القطار بسرعة قدرها  $c'$  فبأية سرعة يتحرك هذا الرجل بالنسبة إلى قضبان السكة الحديدية . . . . ؟ إذا ظل الرجل ساكناً في العربة مدة ثانية فإنه يقطع في هذه الثانية مسافة قدرها  $c$  مساوية عددياً لسرعة العربة ولكنه في الواقع نظراً لسيره في العربة يقطع في هذه الثانية مسافة إضافية قدرها  $c'$  بالنسبة للعربة وبالتالي بالنسبة للقضبان أيضاً وتساوى عددياً سرعة سيره. وهكذا يكون مجموع ما يقطعه في الثانية بالنسبة إلى القضبان هو  $c + c'$  وسنرى فيما يلي أن هذه النظرية وتسمى في الميكانيكا الكلاسيكية نظرية تركيب السرعات لا يمكن الاحتفاظ بها ، أي أن القانون الذي ذكرناه آنفاً لا يمثل الحقيقة ولو أننا سنسلم الآن بصحته إلى حين .





## الفصل السابع

### التناقض الظاهري

بين قانون انتشار الضوء ومبدأ النسبية

يصعب أن نجد في الفزياء قانوناً أبسط من قانون انتشار الضوء في الفراغ ؛ فكل أطفال المدارس يعرفون أو يظنون أنهم يعرفون أن هذا الانتشار يحدث في خط مستقيم بسرعة قدرها ٣٠٠,٠٠٠ كم في الثانية . ونحن نعرف على أية حال بمنتهى الدقة أن هذه السرعة واحدة بالنسبة لكل الألوان ، لأنه لو لم يكن الأمر كذلك لما استطعنا رؤية أقبل ومضت من نجم ثابت بالنسبة للألوان المختلفة متزامنة وذلك أثناء كسوف ذلك النجم بوساطة جاره المظلم . ولقد استطاع الفلكي الهولندي دي ستر استناداً إلى اعتبارات مماثلة قائمة على دراسة النجوم المزدوجة أن يثبت أيضاً أن سرعة انتقال الضوء لا تتأثر بحركة المصدر الذي يصدر منه والزعيم ، القائل بأن سرعة انتشار الضوء تعتمد على اتجاهه « في الفضاء » زعم في حد ذاته غير محتمل .

إننا باختصار مدعوون إلى أن نسلم مع أطفال المدارس بقانون ثبوت سرعة انتشار الضوء ( في الفراغ ) ج . من كان يتخيل أن هذا القانون البسيط قد أوقع علماء الفزياء أمناء التفكير في أكبر المآزق الفكرية . . . دعنا نرى الآن كيف كان ذلك .

إننا نعلم جميعاً أنه يجب علينا أن نسد عملية انتشار الضوء ( وكذلك

كل عملية أخرى في الواقع) إلى مجموعة إسناد جاسته (مجموعة إحدائيات) وليكن طريق السكة الحديدية الذي يمكن أن نتصوره في فراغ تام فإذا أرسلنا شعاعاً ضوئياً على طول الطريق فإن رأس هذا الشعاع يتحرك بالسرعة  $c$  بالنسبة للطريق ولكننا إذا تخيلنا عربة القطار تسير بسرعة ثابتة على الطريق قدرها  $v$  في نفس اتجاه شعاع الضوء فإذا تكون سرعة انتشار الضوء بالنسبة إلى عربة القطار . . . . ؟ من الواضح أننا نستطيع هنا أن نطبق النظرية التي شرحناها في الفصل السابق حيث يلعب شعاع الضوء دور الرجل بالنسبة إلى عربة القطار ونستبدل السرعة  $v$  وهي سرعة الرجل بالنسبة إلى الطريق بسرعة الضوء بالنسبة إلى الطريقة وتكون  $c$  هي السرعة المطلوبة وهي سرعة الضوء بالنسبة إلى العربة وعلى ذلك يكون لدينا :

$$c - v = c$$

وهكذا يكون انتشار الضوء بالنسبة للعربة أقل من  $c$

ولكن هذه النتيجة تناقض مبدأ النسبية الذي أوضحناه في الفصل الخامس والذي ينص على أن قانون انتشار الضوء في الفراغ ككل قانون طبيعي آخر يجب أن يظل واحداً سواء كانت مجموعة الإسناد هي طريق السكة الحديدية أو العربة . ولقد رأينا أن هذا يبدو مستحيلاً في ضوء ما تقدم لأنه إذا كانت سرعة انتشار الضوء بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية هي  $c$  فإنه تبعاً لما تقدم يجب أن يكون هناك قانون آخر لسرعة انتشار الضوء بالنسبة إلى العربة وهذه هي نقطة الخلاف مع مبدأ النسبية .

وأمام هذه المشكلة لم يكن هناك بد من الاستغناء عن واحد منهما : مبدأ النسبية أو قانون انتشار الضوء في الفراغ والقراء الذين تتبعوا جيداً الفصول السابقة يتوقعون بالتأكيد أننا سنقف في صف النسبية وذلك لأنه شديد الإقناع ، غاية في البساطة وطبيعي جداً وفي هذه الحالة يجب استبدال قانون انتشار الضوء في الفراغ بقانون آخر أكثر تعقيداً ولكنه يتفق

ومبدأ النسبية . ولكن تقدم الفزياء النظرية قد أوضح بجلاء أن هذا التعديل أمر غير مستطاع فقد أثبتت الأبحاث النظرية التي كان لها أثر بالغ والتي أجراها ١.٥ . لورنتز على الظواهر الديناميكة الكهربية والظواهر اللضوئية المتعلقة بالأجسام المتحركة أن التجربة في هذا المنحمار تؤيد تماماً تفسيراً للظواهر الكهرومغناطيسية يستلزم الاحتفاظ بقانون ثبوت سرعة الضوء في الفراغ . وهنا احتدم الصراع بين الرأيين . وقد مال فزيائيون كبار عندما وصلنا إلى هذا الوضع إلى التخلي عن مبدأ النسبية بالرغم من أن أحداً لم يتوصل بأية حال من الأحوال إلى نتائج تجريبية تتعارض مع هذا المبدأ .

وفي هذه الأزمة المستحكة تقدمت نظرية النسبية إلى الحلبة وأدلت بدلوها وبدا واضحاً عند ذلك تمام الوضوح نتيجة لتحليل تصورات الفزياء عن المكان والزمان أنه لا أثر في الحقيقة لأي تعارض بين مبدأ النسبية وقانون انتشار الضوء . وإنما بالتمسك بانتظام بكلا هذين القانونين نستطيع الوصول إلى نظرية متماسكة منطقياً . ولقد سميت هذه النظرية بنظرية النسبية الخاصة تمييزاً لها عن النظرية الأوسع التي سنعالجها في آخر هذا الكتاب . أما في الصفحات التالية فنقدم الأفكار الأساسية في نظرية النسبية الخاصة .

## الفصل الثامن

### فكرة الزمن في الفيزياء

هب أن صاعقتين جويتين أصابتا قضبان السكة الحديدية المعهودة في مكانين ا، ب متباعدين جداً ، وهب فوق ذلك أنى أكدت لك أن هاتين الصاعقتين قد حدثتا في وقت واحد . إنى لو سألتك أيها القارىء العزيز هل هناك أى معنى لهذا القول ؟ لأجبت على الفور بالإيجاب . ولكنى لو طالبتك بأن تشرح لى ياسهاب ودقة معنى هذا الكلام لوجدت بعد قليل من التأمل أن الأمر ليس هيناً كما يبدو لأول وهلة .

وربما خطرت لك بعد قليل هذه الإجابة : إن معنى هذا الكلام واضح لا يحتاج إلى تفسير وطبعى أن الأمر سيحتاج إلى بعض التدبر لو كان على أن أقرر عن طريق الملاحظة ما إذا كانت الصاعقتان فى هذه الحالة قد حدثتا فى آن واحد أم لا . و لكنى شخصياً لا يمكن أن أرى بهذه الإجابة للسبب التالى - : هب أن فلسياً ماهراً استطاع أن يكتشف خلال تأملاته العبقرية أن الصاعقة لا بد أن تصيب ا، ب فى وقت واحد، فعند ذلك سيكون علينا أن نختبر إذا كانت هذه النتيجة النظرية تتفق والحقيقة، وعند ذلك ستجابهنا نفس الصعوبة التى تقابلنا فى كل أمور الفيزياء التى تتدخل فيها فكرة الأنية أو التزامن . إن هذا التصور لا وجود لها بالنسبة إلى عالم الفيزياء ما لم تتح له فرصة اكتشاف ما إذا كان قد تحقق فعلاً أم لا . وهكذا نرى أننا فى احتياج إلى تعريف الأنية وتحديد معناها تعريفاً يمدنا بوسيلة نستطيع بها فى الحالة الراهنة أن نقرر تجريبياً هل حدثت الصاعقتان الجويتان فعلاً فى وقت واحد أم لا . وطالما لم يتوافر هذا الشرط ولم أحقق هذه النتيجة فإنى

أنا عالم الفزياء ( وبالطبع أيضا إن لم أكن عالم فزياء ) أخدع نفسي حينما أتصور أنني أستطيع أن أعطى النص على الآنية أى معنى ( فشرط التسليم بوجود الآنية هو إمكان التحقق منها عمليا وإلا فليس هناك آنية )<sup>(١)</sup> وإني أسأل القارىء ألا يتابع القراءة ما لم يكن تام الاقتناع بهذه النقطة .  
وربما بعد أن تأملت الأمر مليا خطرت لك الفكرة التالية كوسيلة عملية للتحقق من الآنية ألا وهى أن نقيس المسافة بين ا ، ب وأن نضع راصداً فى نقطة الوسط ( و ) مزوداً بوسيلة ما ( مرآتين متعامدتين مثلا ) تمكنه من رؤية ا ، ب معا . فإذا رأى مثل هذا الراصد الصاعقتين فى وقت واحد فهما إذا آتيتان .

ويسرنى جداً أن أوافق على هذا الرأى ولو أنه فى نظرى لا يحسم الموضوع فإني أشعر أنى ملزم أن أقدم الاعتراض التالى : إن هذا التعريف للآنية صحيح لاشك فى ذلك لو أنى كنت أعلم أن الضوء الذى يرى به الراصد وميض الصاعقة يقطع المسافة ( او ) بنفس السرعة التى تقطع بها المسافة ( و ب ) ولا نستطيع اختيار صحة هذا الفرض ما لم يكن لدينا وسيلة لقياس الزمن . وهكذا يبدو أننا ندور فى حلقة مفرغة .

وربما بعد تأمل قليل أجبت ساخرامنى ولديك كل العذر قائلاً : إنى متمسك بتعريفى السابق للآنية رغم اعتراضك لأن هذا التعريف لا يتعرض فى الواقع للضوء إطلاقاً ، وليس هناك إلا شرط واحد يجب أن يتوافق فى تعريف الآنية لكي يكون صحيحاً ألا وهو أنه فى كل حالة واقعية يجب أن يمكننا هذا التعريف من أن نقرر تجريبياً إذا ما كانت الحالة التى نحن بصدددها قد تحققت فعلاً أم لم تتحقق . وليس هناك مجال للناقشة فى أن التعريف الذى أقدمه للآنية لاشك يحقق هذا الشرط. فكون الضوء يحتاج إلى نفس الزمن لقطع المسافة من ( و ) إلى ( ب ) ليس فى الحقيقة تخيلاً أو افتراضاً حول

---

(١) لم ترد هذه العبارة فى الاصل اضفناها للشرح ( المترجم )

طبيعة الزمن الفيزيائية <sup>والتي</sup> ~~لا~~ يمكنه مجرد « تعويض » لي مطلق الحرية في إجرائه لكي أصل إلى تعريف الآنية .

وواضح أن هذا التعريف يمكن أن يستعمل ليعطى معنى محدداً لا لحادثتين فقط بل ولأى عدد نختاره من الحوادث أيا كانت مواضع مسارح هذه الحوادث بالنسبة إلى مجموعة الإسناد<sup>(١)</sup> (وهي هنا طريق السكة الحديدية) وهذا يقودنا أيضا إلى تعريف الزمن في الفيزياء . ولهذا دعنا نتصور ساعات متماثلة التركيب وضعت في النقط ١ ، ب ، ج من طريق السكة الحديدية ( مجموعة إحداثيات ) بحيث تكون عقاربها في آن واحد بالمعنى السابق في مواضع متماثلة . وفي هذه الظروف نرى أن زمن أية حادثة هو ما تحدده قراءة موضع عقارب أية ساعة من الساعات التي على مقربة من مكان الحادثة . وبهذه الطريقة نجمع بين كل حادثة يمكن رصدها ومقدار زمني بصورة أساسية .

وهذا التعويض يحمل في طبيعته فرضاً فيزيائياً آخر مسلماً به يصعب الشك في صحته ما لم يثبت تجريبياً أن العكس هو الصحيح ذلك هو افتراضنا أن جميع هذه الساعات تتحرك بمعدل واحد مادامت متشابهة التركيب أو بعبارة أدق إذا ضبطت ساعتان في حالة سكون وفي مكانين مختلفين من مجموعة إسناد بحيث يكون موضعاً « خاصاً » لعقربي إحدى الساعتين « آنياً ، ( بالمعنى السابق ) مع « نفس » موضع عقربي الساعة الأخرى تكون « القراءات » « المتماثلة » للساعتين آنية دائماً ( بمعنى التعريف السابق للآنية ) .

---

(١) ونحن نفرض أبعد من ذلك أنه عندما تحدث الحوادث أ ، ب ، ج في أماكن مختلفة بحيث تكون آنية مع ب ، ب آنية مع ج « آنية بالمعنى المذكور آنفاً » يكون شرط آنية الحادثتين أ ، ج قد تحقق أيضا . وهذا الزعم فرض فيزيائي حول قانون انتشار الضوء ولابد من تحقيقه إذا كنا نريد الاحتفاظ بقانون ثبوت سرعة الضوء في الفراغ .

## الفصل التاسع

### نسبية الآنية

لقد درجنا حتى الآن على اتخاذ طريق السكة الحديدية بمجموعة إسناد لنا ولا بأس أن نفرض أن قطاراً طويلاً جداً يتحرك على القضبان بسرعة قدرها  $c$  في الاتجاه الموضح بالشكل ( ١ ) سيفضل المسافرون بهذا القطار اتخاذه بمجموعة إسناد ( مجموعة إحداثيات ) وسيستندون كل ما يحدث إليه وعلى ذلك فكل حادثة تحدث على طول الطريق تحدث أيضاً عند نقطة



( شكل ١ )

خاصة من القطار كذلك . ويمكن أيضاً أن نحدد الآنية بالنسبة إلى القطار بنفس الطريقة التي نحددها بها بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية . ويجابها السؤال التالي نتيجة طبيعية لما تقدم :

هل تكون الحادثنان الآنيتان بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية (مثل الصاعقتين أ ، ب ) آنيتين أيضاً بالنسبة إلى القطار ؟ وسنوضح مباشرة فيما يلي أن الإجابة على هذا السؤال يجب أن تكون بالنفي .

إننا حينما نقول إن الصاعقتين أ ، ب آنيتان بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية نغني أن أشعة الضوء الصادرة من المكانين أ ، ب حيث تحدث الصاعقتان تتقابل في النقطة ( و ) ( وهي منتصف المسافة أ ، ب على الطريق )

وينظر الحادثان أيضاً على طريق السكة الحديدية الموضعين أ ، ب على  
القطار ولنفرض أن النقطة ( و ) هي نفس نقطة الوسط للمسافة أ ب على  
القطار فإنه عندما يحدث وميض البرق<sup>(١)</sup> تتفق النقطة ( و ) مع النقطة ( و )  
لكونها كما في الرسم التوضيحي تتحرك إلى اليمين بسرعة قدرها ع هي سرعة  
القطار فإذا كان هناك راصد يجلس في ( و ) في القطار ولا يتحرك بالسرعة  
ع فإنه سيظل دائماً في ( و ) وسيصل إليه شعاعا الضوء الصادران من أ ، ب  
في نفس الوقت حيث يلتقيان عند مكان جلوسه ولكنه في الواقع ( بالنسبة  
إلى طريق السكة الحديدية ) يتدفع في اتجاه شعاع الضوء الآتي من ب بينما  
يتعد عن الشعاع الآتي من أ وعلى ذلك سيرى الراصد الشعاع الآتي من ب  
قبل أن يرى الشعاع الآتي من أ وعلى ذلك نصل إلى النتيجة الهامة التالية :

إن الحوادث الآنية بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية ليست آنية بالنسبة  
إلى القطار والعكس بالعكس ( نسبية الآنية ) فلكل مجموعة إسناد ( مجموعة  
إحداثيات ) زمنها الخاص . ومالم نعين مجموعة الإسناد التي خددنا بالنسبة  
لها زمن أية حادثة فليس هناك أي معنى لهذا التحديد .

وقبل ظهور نظرية النسبية كانت الفيزياء تسلم تسليماً أعمى بأن الزمن  
أمر مطلق أي أنه مستقل عن حالة الحركة أو السكون التي عليها مجموعة الإسناد.  
ولقد رأينا الآن أن هذا الزعم لا يتفق مع تصور الآنية الطبيعي جداً وإذا  
أسقطناه اختفى التناقض الظاهري بين قانون انتشار الضوء في الفراغ ومبدأ  
النسبية ( كما أوضحنا في الفصل السابع ) .

ولقد أوقعتنا الاعتبارات التي استعرضناها في الفصل الثالث ( وهي  
اعتبارات بالية لا يمكن التمسك بها ) في هذا التناقض ؛ فقد ذكرنا في ذلك  
الفصل أن الرجل الذي يقطع وهو في العربة المسافة ف بالنسبة للعربة يقطع

(١) كما يظهر من طريق السكة الحديدية .



نفس المسافة في نفس المدة بالنسبة إلى قضيب السكة الحديدية . وها نحن نرى في ضوء ما ذكر في الفصل الحالي أن الزمن الذي تستغرقه حادثة ما بالنسبة إلى عربة القطار لا يجوز أن يعتبر مساوياً للزمن الذي تستغرقه نفس الحادثة بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية، وعلى ذلك لا يمكن أن نوافق على أن الرجل حينما يمشى في العربة ويقطع بالنسبة لها المسافة ف « في الثانية »، يقطع نفس المسافة في زمن مساوٍ بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية .

وفوق ذلك فإن اعتبارات الفصل السادس تعتمد على زعم آخر يبدو عند التحليل الدقيق حكماً تعسفياً ولو أننا كنا نلجأ إليه ضمناً بصورة مستمرة حتى قبل مجيء نظرية النسبية .

## الفصل العاشر

### حول نسبية تصور المسافة

دعنا نتخيل نقطتين معينتين على القطار ( مثل منتصف العرببة الأولى ومنتصف العرببة العشرين ) الذى يتحرك على قضيب السكة الحديدية بسرعة  $v$  . ودعنا نبحث عن المسافة التى تفصلهما . إننا نعلم مقدماً أنه يجب علينا أن نحصل على مجموعة إسناد نقيس المسافات بالنسبة إليها ، وأبسط الأمور هو أن نعتبر القطار نفسه مجموعة الإسناد ( مجموعة إحداثيات ) والمسافر فى القطار يستطيع أن يقيس المسافة باستعمال قضيب القياس فى خط مستقيم ( أى بتطبيقه على أرضية العرببات العدد الكافى من المرات للوصول من النقطة الأولى إلى الثانية ) ويحدد العدد الدال على عدد مرات تطبيق قضيب القياس طول المسافة المطلوبة .

ولكن الأمر يختلف عن ذلك إذا أردنا قياس هذه المسافة بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية ويبدو هنا أن الطريقة المثالية لذلك هى : إذا سمينا  $A$  و  $B$  النقطتين اللتين على القطار الذى يتحرك بالسرعة  $v$  واللتين يراد إيجاد المسافة التى تفصل بينهما فإن هاتين النقطتين تتحركان على طول الطريق بالسرعة  $v$  أيضاً ونحن نحتاج أولاً إلى أن نعين النقطتين  $A$  و  $B$  على طريق السكة الحديدية التى مرت عليهما النقطتان  $A$  و  $B$  على القطار فى زمن معين  $Z$  بالنسبة إلى الطريق . وهاتان النقطتان (  $A$  و  $B$  ) على الطريق الحديدى يمكن تحديدهما تبعاً لتعريف الزمن الذى قدمناه فى الفصل الثامن والمسافة بين هاتين النقطتين (  $A$  و  $B$  ) يمكن أن تقاس إذا بتكرار عملية تطبيق قضيب القياس على طول الطريق .

وليس هناك أى سبب أولى لأن تؤكد أن عملية القياس الأخيرة تتفق في النتيجة مع عملية القياس الأولى . وهكذا قد يكون طول القطار مقيساً بالنسبة إلى الطريق مختلفاً عن طوله مقيساً بالنسبة إلى القطار نفسه . وهذا الظرف يؤدي بنا إلى إعتراض ثان على آراء الفصل السادس التي تبدو ظاهرياً واضحة ، وهو أنه إذا كان الرجل الذي في العربة يقطع المسافة ف ( مقيسة بالنسبة إلى القطار ) في وحدة الزمن فإن هذه المسافة ( مقيسة بالنسبة إلى الطريق ) ليست بالضرورة متساوية مع ف .

## الفصل الحادي عشر

### تحويل لورنتز

إذا استعرضنا نتائج ثلاثة الفصول الأخيرة نرى أن عدم التوافق الظاهري الذي نجده بين قانون انتشار الضوء ومبدأ النسبية (الفصل السابع) نشأ عن التسليم في الميكانيكا الكلاسيكية بفرضين لم يقم عليهما أى دليل . وهذان الفرضان هما :

- ١ - الفترة الزمانية ( الزمن ) التي تفصل بين حادثتين مستقلة عن حالة الحركة التي عليها مجموعة الإسناد التي نرجع إليها .
- ٢ - الفترة المكانية ( المسافة ) بين نقطتين على جسم جاسيء مستقلة عن حالة الحركة التي عليها مجموعة الإسناد التي نرجع إليها .

فإذا أسقطنا هذين الفرضين اختلفت مشكلة الفصل السابع لأن نظرية محصلة السرعات التي استنتجناها في الفصل السادس تصبح خطأ . وعند ذلك يبدو أن قانون انتشار الضوء في الفراغ قد يكون متفقاً مع مبدأ النسبية . ويصبح المطلوب معرفته هو كيف يجب تعديل الاعتبارات التي أوضحناها في الفصل السادس حتى نزيل التناقض الظاهري بين هاتين النتيجةين التجريبيتين الأساسيتين ؟ وهذا السؤال يقودنا إلى سؤال أعم فقد كان لدينا في الفصل السادس أمكنة وأزمة مسندة إلى كل من القطار والطريق الحديدى فكيف نجد زمن ومكان حادثة بالنسبة إلى القطار إذا كنا نعرف مكانها وزمانها بالنسبة إلى الطريق الحديدى . . ؟ هل من المستطاع الإجابة

على هذا السؤال بحيث لا يتعارض قانون انتشار الضوء في الفراغ مع مبدأ النسبية؟ أو بعبارة أخرى هل من الممكن إيجاد علاقة بين زمان ومكان الحادثة الواحدة بالنسبة إلى كلتا مجموعتي الإسناد بحيث يكون لكل شعاع من أشعة الضوء السرعة  $c$  بالنسبة إلى القطار والطريق معاً؟ إن الإجابة على هذا السؤال هي بالإيجاب وهي إجابة محددة جداً يعبر عنها قانون محدد لتحويل المقادير الزمكانية للحادثة الواحدة تبعاً لتغير مجموعة الإسناد التي تسند إليها.

وقبل أن نتعرض لهذا الموضوع دعنا نقدم له بما يلي  
لقد وجهنا اهتمامنا حتى الآن إلى الحوادث التي تحدث على الطريق الحديدي والتي اعتبرت رياضياً على خط مستقيم وبالطريقة التي أوضحناها في الفصل الثاني نستطيع أن نتخيل أن هذا المسند إليه مزود جانبياً ورأسياً بهيكل من قضبان القياس المتعامدة بحيث يمكن تحديد مكان أية حادثة بالنسبة إلى هذا الهيكل . وبالمثل فإننا نستطيع أن نتخيل القطار الذي يتحرك بالسرعة  $v$  مستمراً في كل الفضاء بحيث يمكن تحديد مكان أية حادثة مهما كانت بعيدة بالنسبة لهذا الهيكل الثاني ، ونستطيع دون أن نرتكب أي خطأ أساسي أن نتجاوز عن تداخل هذه الهياكل كل باستمرار معاً حيث أن الأجسام الجاسئة لا تتداخل فيما بينها .

وفي كل هيكل من هذه الهياكل نتخيل ثلاثة سطوح متعامدة على بعضها البعض تسمى مستويات إحداثية (مجموعة إحداثيات) وعلى ذلك يمثل الطريق الحديدي مجموعة الإحداثيات  $x, y, z$  وأية حادثة أينما تحدث يمكن تحديد مكانها بالنسبة إلى  $x, y, z$  بواسطة ثلاثة أعمدة  $x, y, z$  على المستويات الإحداثية وبالنسبة للزمن بالقيمة الزمنية  $t$  أما بالنسبة إلى  $x, y, z$  فيحدد مكان نفس الحادثة وزمانها القيم  $x', y', z', t'$  المقابلة وهي تختلف عن  $x, y, z, t$  وقد أوضحنا بالتفصيل فيما تقدم كيف

يجب أن نعتبر هذه المقادير نتائج للقياس الفزيائي .

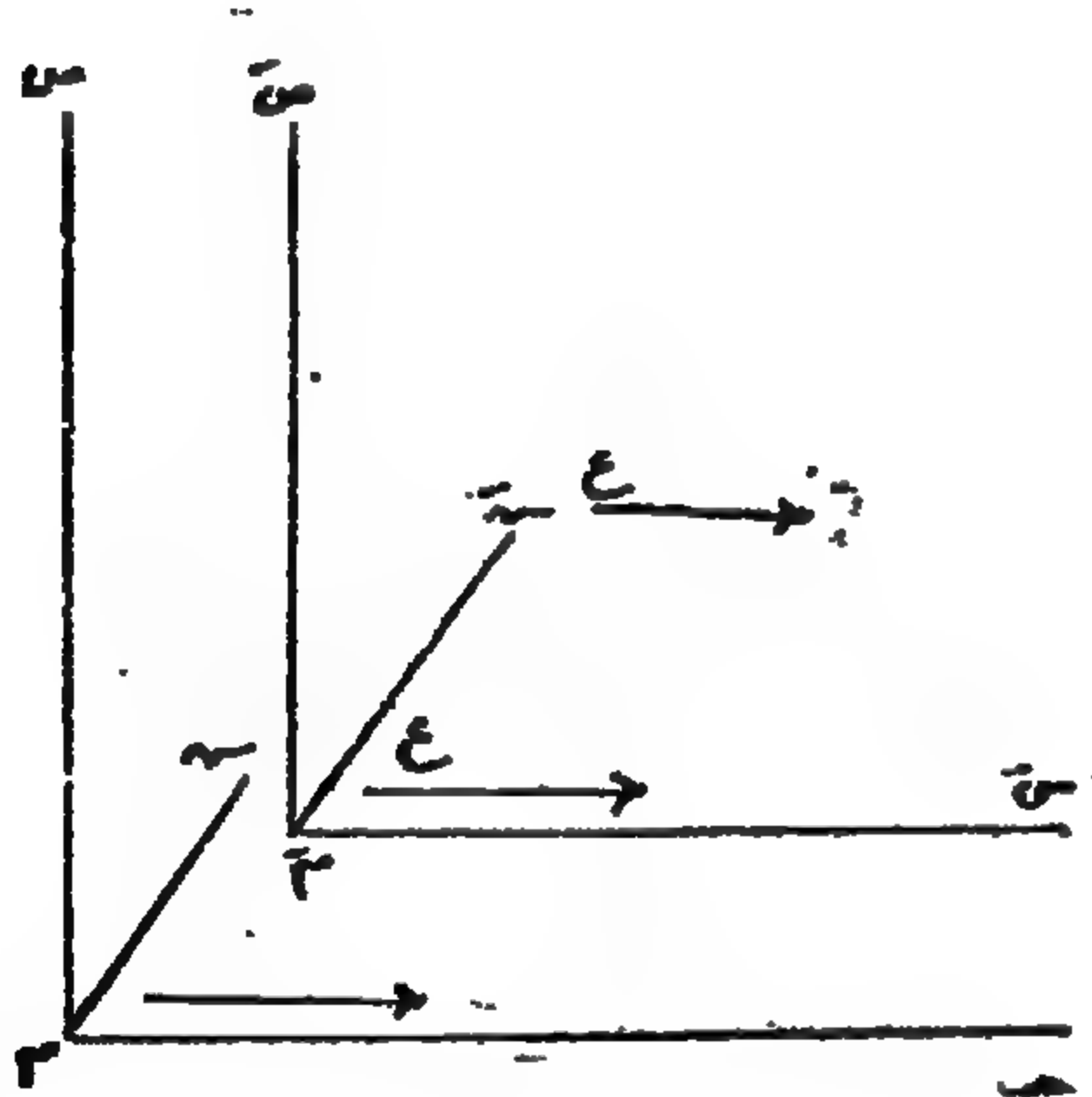
من الواضح أننا نستطيع أن نضع المشكلة على النحو الآتي : —

ما هي قيم المقادير  $s$  ،  $v$  ،  $s'$  ،  $v'$  ،  $z$  لحادثة ما بالنسبة إلى  $m$  إذا كنا نعلم قيم المقادير  $s$  ،  $v$  ،  $s'$  ،  $v'$  ،  $z$  لنفس الحادثة بالنسبة إلى  $m'$  . . ؟ ويجب أن نختار العلاقات بين هذه القيم بحيث تحترم قانون انتشار الضوء في الفراغ بالنسبة إلى  $m$  و  $m'$  وبالرجوع إلى الوضع الموضح في ( الشكل ٢ ) لمجموعة الإحداثيات نجد أن حل المشكلة تقدمه المعادلة : —

$$s' = \frac{s - vz}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$v' = v$$

$$s = s'$$



( شكل ٢ )

$$z' = \frac{z - \frac{v}{c^2} s}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

وتعرف هذه المجموعة من المعادلات بتحويل لورنتز ولو جعلنا أساساً لنا بدلا من قانون انتشار الضوء تلك المزايم الضمنية التي كانت تركز إليها الميكانيكا قديماً والتي تركز على فكرة الطابع المطلق للأزمنة والأطوال حصلنا بدلا من المعادلات السابقة على المعادلات التالية :

$$s' = s - cz$$

$$v' = v$$

$$s'' = s$$

$$z' = z$$

وتسمى غالباً هذه المجموعة الأخيرة من المعادلات بتحويل جاليليو .  
ويمكننا الحصول على تحويل جاليليو من تحويل لورنتز ، إذا عوضنا عن  
سرعة الضوء  $c$  في التحويل الأخير (تحويل لورنتز) بكمية متناهية الكبر .  
وفيما يلي تستطيع أن ترى فوراً أن قانون انتشار الضوء في الفراغ تبعاً  
لتحويل لورنتز واحد بالنسبة لكل من مجموعة الإسناد  $s$  ومجموعة  
الإسناد  $s'$  . ولذلك نرسل إشارة ضوئية على طول المحور الإيجابي  $s$   
وهذا المؤثر الضوئي يتقدم تبعاً للمعادلة :  $s = cz'$

أى بسرعة الضوء  $c$  وتبعاً لمعادلات تحويل لورنتز نرى أن هذه العلاقة  
البسيطة بين  $s$  و  $z'$  تعنى علاقة بين  $s'$  و  $z'$  ونحن في الواقع إذا  
عوضنا عن  $s$  بالمقدار  $cz'$  في المعادلة الأولى والمعادلة الرابعة من  
معادلات تحويل لورنتز حصلنا على : -

$$s' = \frac{z'(c - cz')}{\sqrt{\frac{c^2}{c^2} - 1}}$$

$$z' = \frac{z' \left( \frac{c}{c} - 1 \right)}{\sqrt{\frac{c^2}{c^2} - 1}}$$

ومنهما نحصل بالقسمة على المعادلة :

$$س = ح ز$$

وإذا أسندنا إلى المجموعة م يحدث انتشار الضوء تبعاً لهذه المعادلة .  
وهكذا نرى أن سرعة انتشار الضوء بالنسبة إلى المجموعة م تساوى  
أيضاً ح ونحصل على نفس النتيجة لأشعة الضوء التي تنتشر في أى اتجاه  
كان . وطبعاً ليس فى هذا أى غرابة حيث إن معادلات تحويل لورنتز  
قد اشتقت وفقاً لهذا الرأى .



## الفصل الثاني عشر

### ساعات وقضبان القياس المتحركة

هنا أتى أضع قضيباً طوله متر في اتجاه المحور من مجموعة الإحداثيات  $x$  بحيث يتفق أحد طرفيه (البداية) مع نقطة الصفر بينما يتفق الطرف الثاني (النهاية) مع النقطة  $x = 1$  فما طول هذا القضيب بالنسبة إلى  $x$ ؟ وحتى نحصل على ذلك ما علينا إلا أن نبحث أين يقع مبدأ القضيب ونهايته بالنسبة إلى  $x$  عند الزمن  $t$  الخاص بالمجموعة  $x$  وبوساطة المعادلة الأولى من تحويل لورنتز نجد أن قيمة هاتين النقطتين عند الزمن  $t = 0$  صفر يمكن إثبات أنها:

$$x = 0 \quad ( \text{ابتداء القضيب} ) = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad \text{صفر}$$

$$x = 1 \quad ( \text{نهاية القضيب} ) = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad 1$$

وتكون المسافة بين النقطتين هي  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  ولكن قضيب القياس يتحرك بالسرعة  $v$  بالنسبة إلى  $x$  وعلى ذلك نجد أن طول قضيب قياس جاسي طوله متر يتحرك في اتجاه طوله بسرعة قدرها  $v$  هو  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  من المتر وهكذا يكون القضيب الجاسي أقصر في حالة الحركة منه في حالة السكون، وكلما زادت سرعة حركته زاد قصره بحيث إذا بلغت السرعة  $c$  يصبح طوله  $(\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}})$  صفر وعند السرعات الأكبر

من حـ يصبح الجذر التربيعي خيالياً . ومن هذا نستنتج أن السرعة حـ في نظرية النسبية تلعب دور السرعة القصوى التي لا يمكن أن يبلغها أو يزيد عنها أى جسم حقيقي .

وواضح بالطبع أن هذا المظهر للسرعة حـ كسرعة قصوى جاء نتيجة لمعادلات تحويل لورنتز لأنها تصبح لا معنى لها إذا اخترنا قيمة للسرعة أكبر من حـ وعلى العكس لو أننا تأملنا قضيب قياس طوله متر في حالة سکون وفي المحور (س) بالنسبة إلى م لوجدنا أن طوله بالنسبة إلى راصد في م سيكون  $\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}}$  وهذا متفق تماماً مع مبدأ النسبية وهو أساس تأملاتنا .

وواضح بداهة أن معادلات التحويل تهيء لنا حتماً فرصة معرفة الشيء الكثير عن السلوك الفيزيائي لكل من قضبان القياس والساعات . لأن المقادير س . ص . سـ . ز ليست إلا نتائج قياسات لا أكثر ولا أقل . يمكن الحصول عليها عن طريق قضبان القياس والساعات . ولو أننا جعلنا أساساً لتفكيرنا التحويل الجانبي لما حصلنا على انكماش القضيب نتيجة لحركته .

دعنا الآن تأمل ساعة موضوعة دائماً عند أصل م (س = صفر) ،  
 ز = صفر ، ز' = ١ ، هما دقتان متتاليتان لهذه الساعة والمعادلتان الأولى والرابعة من تحويل لورنتز تعطيانا هاتين الدقتين :

$$\begin{aligned} z &= \text{صفر} \\ z' &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{v^2}}} \end{aligned}$$

وكما يبدو من م تتحرك الساعة بالسرعة  $c$  وعلى ذلك تكون فترة الزمن

بين الدقتين بالنسبة إلى م ليست ثانية ولكن  $\sqrt{1 - \frac{c^2}{c_0^2}}$  من الثواني أى  
زمناً أكثر قليلاً وعلى ذلك تكون الساعة أبطأ في حالة الحركة منها في  
حالة السكون . وهنا أيضاً تلعب السرعة دور الساعة القصوى التي  
لا يمكن بلوغها .

## الفصل الثالث عشر

### نظرية محصلة السرعات

#### تجربة فيزو

إننا في الحياة العملية لا نحرك الساعات وقضبان القياس إلا بسرعات ضئيلة إذا ما قورنت بسرعة الضوء وعلى ذلك لن نستطيع أن نتحقق من نتائج الفصل السابق عملياً . ومع ذلك لا بد أنه قد لفت نظرك غرابة هذه النتائج ولهذا يسرنا أن نستخلص من النظرية تبعاً لما أوضحناه في الفصل السابق نتيجة قد تم التحقق منها عملياً بصورة شائعة . لقد اشتققنا في الفصل السادس نظرية محصلة السرعات في اتجاه واحد على النحو الذي تتبعه الميكانيكا الكلاسيكية ويمكن استنتاج هذه النظرية أيضاً من تحويل جاليليو (الفصل الحادي عشر) فبدلاً من الرجل الذي يمشى في عربة القطار نتصور نقطة تتحرك بالنسبة إلى مجموعة الإحداثيات م حسب المعادلة :

$$s = c z$$

وبوساطة المعادلة الأولى والرابعة من تحويل جاليليو يمكننا التعبير عن  $s$  بدلالة  $s'$  وعندئذ نحصل على المعادلة  $s = (c + v) z'$  وهذه المعادلة لا تعبر عن شيء سوى قانون حركة النقطة بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م (أو الرجل بالنسبة إلى الطريق الحديدية) وسمز إلى هذه السرعة بالرمز  $c$  . وحينئذ نحصل كما في الفصل السادس على .

$$(1) \quad c = (c + v) z'$$

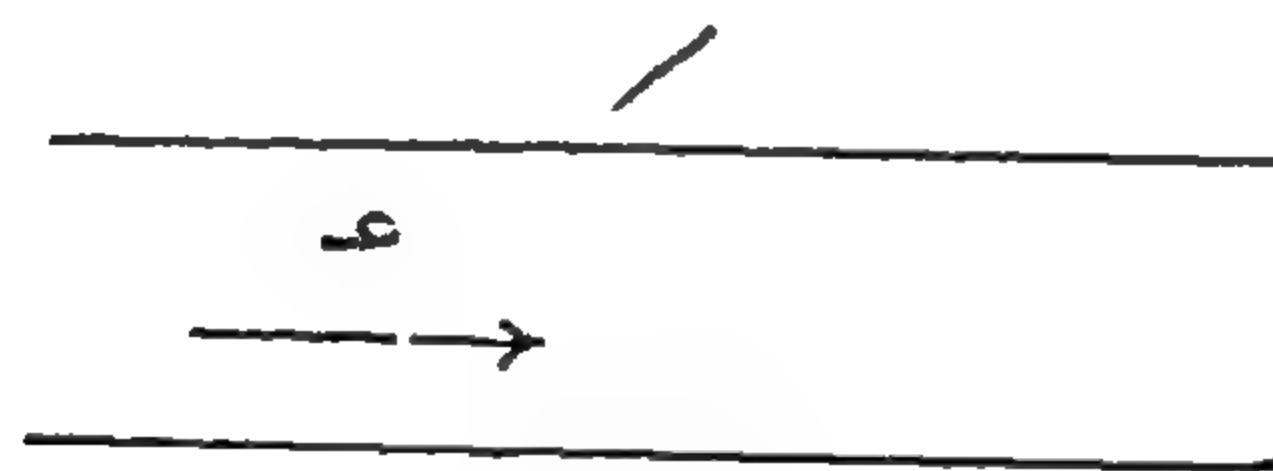
ولكننا نستطيع أن نجري العملية نفسها على أساس نظرية النسبية عند ذلك يجب علينا أن نعبر عن  $s$  و  $z$  في المعادلة :

$$s = c \cdot z$$

بدلالة  $s$  و  $z$  وباستعمال المعادلتين الأولى والرابعة من تحويل لورنتز نحصل بدلا من المعادلة ( ١ ) على المعادلة :

$$(b) \quad \frac{c + c}{c} = 1 + \frac{c}{c}$$

وهو ما يناظر محصلة السرعات في اتجاه واحد تبعاً لنظرية النسبية .  
والسؤال الذي يجابهنا الآن هو : أى هاتين النظريتين أكثر اتفاقاً مع التجربة . . . ؟ وفي هذا الموقف تسعفنا وتشدد أزرنا تجربة على جانب عظيم من الأهمية أجراها الفزيائي القدير فيزو منذ أكثر من نصف قرن وأعاد إجرائها منذ ذلك الحين عند من أحسن الفزيائيين التجريبيين حتى أصبحت نتيجتها لا يتطرق إليها شك على الإطلاق . والتجربة تدور حول المسألة التالية : إن الضوء ينتقل في سائل ساكن بالسرعة  $c$  فبأية سرعة ينتقل في اتجاه السهم في الأنبوبة ( انظر الشكل ٣ ) إذا كان السائل المذكور عاليه يندفع هو نفسه في الأنبوبة بالسرعة  $c$  . . . ؟



( شكل ٣ )

سيكون علينا تمشياً مع مبدأ النسبية أن نسلم بأن انتشار الضوء سيحدث دائماً بنفس السرعة  $c$  بالنسبة للسائل سواء أكان هذا السائل يتحرك بالنسبة للأجسام الأخرى أم لا وهكذا تصبح سرعة الضوء بالنسبة إلى السائل معروفة وسرعة السائل بالنسبة إلى الأنبوبة معروفة أيضاً ونريد معرفة سرعة الضوء بالنسبة إلى الأنبوبة .

وواضح أن المشكلة التي أمامنا الآن هي نفس مشكلة الفصل السادس حيث تلعب الأنبوبة دور الطريق الحديدية أو مجموعة الإسناد مـ وأخيراً سنجد أن الضوء يلعب دور الرجل الذي كان يمشى بطول العربة . فإذا رمزنا إلى سرعة الضوء بالنسبة إلى الأنبوبة بالرمز  $c$  فإننا يمكن أن نحصل عليها من المعادلتين (6) الأولى باستعمال تحويل جاليليو والثانية باستعمال تحويل لورنتز فأى الجوابين هو الصحيح ؟ ولقد جاءت التجربة في جانب المعادلة (1) المشتقة من نظرية النسبية والاتفاق بينهما تام جداً ، وتبعاً لأدق القياسات التي قام بها زيمان تعبر المعادلة عن تأثير سرعة جريان السائل غ على انتقال الضوء إلى تريب يقرب من  $1/2$  .

ومع ذلك يجب أن لا يفوتنا الآن التنبه إلى أن نظرية تفسر هذه الظاهرة كان قد سبق أن قدمها هـ . ا . لورنتز قبل مجيء نظرية النسبية بوقت طويل ، ولكن نظريته وكانت ديناميكية كهربية بحتة في طبيعتها كان قد حصل عليها بالالتجاء إلى فروض أخرى حول البناء الكهرومغناطيسي للسادة . وهذا الوضع مع ذلك لا يقلل أبداً من نتيجة التجربة كاختبار هام يؤيد نظرية النسبية لأن الديناميكا الكهربائية التي وضعها ماكسويل لورنتز والتي قامت على أساسها النظرية الأولى لتفسير التجربة لا تتعارض بأى شكل مع نظرية النسبية ، بل إن هذه الأخيرة قد نبعت من الديناميكا الكهربائية كنظرية تجمع وتعمم بطريقة مذهلة الاقتراحين اللذين بنيت عليهما الديناميكا الكهربائية واللذين كانا قبل ذلك مستقلين الواحد عن الآخر .

(1) لقد وجد فيزو أن  $c = c + v \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{v}{c} \right)$  حيث  $v = \frac{c}{2}$  وهو معامل انكسار السائل ومن الناحية الأخرى بالنسبة إلى صفر  $\frac{c}{2}$  مقارنة بالواحد الصحيح يمكن أن تستبدل (ب) أولاً بالمقدار  $c = c + v \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{v}{c} \right)$  أو إلى نفس درجة التقريب بالمقدار :  $c + v \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{v}{c} \right)$  وهي تتفق ونتيجة فيزو .

## الفصل الرابع عشر

### القيمة الكاشفة للنظرية النسبية

تستطيع أن تلخص سلسلة أفكارنا السابقة فيما يلي : لقد أدت بنا التجربة إلى الافتناع بأمرين : صدق مبدأ النسبية من ناحية، وأن سرعة انتقال الضوء في الفراغ يجب اعتبارها مقداراً ثابتاً من الناحية الأخرى، وباتخاذ هذين الفرضين الأساسيين حصلنا على قانون تحويل الإحداثيات المتعامدة  $s, s', z$  والزمن  $t, t'$  للحوادث—وهي لب جميع العمليات الطبيعية— وفي هذه الحالة لم نحصل على تحويل جاليليو ولكننا حصلنا بخلاف الحال في الميكانيكا الكلاسيكية على تحويل لورنتز .

ولقد لعب قانون انتشار الضوء وصحته واضحة للعيان دوراً هاماً في الوصول إلى هذه النتيجة وما دام لدينا تحويل لورنتز فإننا نستطيع أن نجتمع بينه وبين مبدأ النسبية لنحصل على النظرية على النحو التالي :

« يجب أن تكون القوانين الطبيعية العامة بحيث لا تتغير إذا استبدلت المتغيرات  $s, s', z$  المتعلقة بمجموعة الإحداثيات الأصلية  $m$  بالمتغيرات  $s'', s'', z''$  الخاصة بمجموعة الإسناد  $m'$  وفي هذه الحالة يحدد العلاقة بين المتغيرات الأولى والثانية تحويلات لورنتز أو بعبارة أخرى مختصرة يجب أن تكون القوانين الطبيعية متغيرة متعدية بالنسبة إلى تحويلات لورنتز . »

هذا هو الشرط الرياضى المحدد الذى تستوجبه نظرية النسبية فى أى قانون طبيعى . ولذلك أصبح للنظرية أثر كاشف عميق فى البحث عن القوانين الطبيعية العامة. فإذا وجد أن قانوناً عاماً من قوانين الطبيعة لا يحقق هذا الشرط فعلى الأقل لا بد أن يكون أحد الفرضين الأساسيين للنظرية خاطئاً . والآن دعنا نرى النتائج العامة التى أدت إليها هذه النظرية .



## الفصل الخامس عشر

### النتائج العامة للنظرية

اتضح في سياق ما تقدم أن نظرية النسبية الخاصة قد تبلورت من دراسة الضوء والديناميكا الكهربائية وهي لم تغير النتائج النظرية في هذين المجالين ولكنها بسطت إلى حد بعيد البناء النظرى - أى اشتقاق القوانين - والأهم من ذلك بمراحل أنها اختصرت إلى حد بعيد عدد الفروض المستقلة التي كانت تستند إليها وتقوم عليها وجهة النظر السابقة . ولقد جعلت نظرية النسبية الخاصة نظرية ماكسويل لورنتز مرضية بشكل جعل علماء الفيزياء على استعداد لقبولها ولو لم تكن جميع التجارب قد وقفت في صفها وأيدتها تأييداً كاملاً .

واحتاج الأمر إلى تعديل الميكانيكا الكلاسيكية حتى تتفق مع نظرية النسبية الخاصة . ولم تؤثر هذه التعديلات تأثيراً جوهرياً إلا في القوانين التي تتعلق بالسرعات الكبيرة أى عندما تقترب سرعة الأجسام المتحركة من سرعة الضوء . وليس لدينا مثال لهذه السرعات إلا ما يتعلق بالإلكترونات والأيونات أما بالنسبة للسرعات الأخرى فقد كان الاختلاف بين نتائج قوانين الميكانيكا الكلاسيكية ونتائج نظرية النسبية الخاصة أضال من أن يظهر عملياً وسوف لا تتعرض لحركة النجوم إلى أن تدرس نظرية النسبية العامة . إن طاقة الحركة لنقطة مادية تتحرك لم يعد يحددها المقدار المعروف

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\frac{L}{\sqrt{\frac{c^2}{v^2} - 1}}$$

وهذا المقدار يقترب من ما لا نهاية كلما اقتربت السرعة  $v$  من سرعة الضوء  $c$ ، وعلى ذلك يجب أن تظل السرعة دائماً أقل من  $c$  مهما كبرت العجلة وإذا وضعنا التعبير عن طاقة الحركة على شكل متسلسلة حصلنا على:

$$L + \frac{1}{2} \frac{L v^2}{c^2} + \frac{3}{8} \frac{L v^4}{c^4} + \dots$$

عندما يكون الحد  $\frac{1}{2} \frac{L v^2}{c^2}$  صغيراً مقارنة بالواحد الصحيح فإن الثالث من هذه الحدود يكون دائماً صغيراً مقارنة بالحد الثاني، وهذا الأخير هو الذي يوضع وحده موضع الاعتبار في الميكانيكا الكلاسيكية. والحد الأول  $L$  لا يتضمن السرعة وليس هناك محل للنظر إليه الآن إذا كان ما يعنيننا هو مسألة كيفية اعتماد طاقة النقطة المادية على السرعة وسنتكلم عن المعنى الأساسي لذلك الحد فيما بعد.

وأهم النتائج ذات الطابع العام التي أدت إليها نظرية النسبية الخاصة تتعلق بفكرة الكتلة؛ فقبل مجيء النسبية كانت الفزياء تسلم بقانوني بقاء لهما أهمية أساسية هما قانون بقاء الطاقة وقانون بقاء الكتلة. وكان هذان القانونان يبدوان مستقلين عن بعضهما البعض تماماً. ولكنهما عن طريق نظرية النسبية قد ادجبا في قانون واحد وسنرى فيما يلي باختصار كيف تم هذا التوحيد وأي معنى يحمله ذلك في طبيعته.

إن مبدأ النسبية يتطلب أن يكون قانون بقاء الطاقة صحيحاً لا بالنسبة إلى مجموعة الإحداثيات وحدها بل أيضاً إلى كل مجموعة إحداثيات  $M$  في حالة حركة انتقال منتظمة بالنسبة إلى المجموعة  $M$  أو باختصار بالنسبة إلى كل

بمجموعة إسناد جاليلية . ويتطلب أيضاً وذلك على عكس ما في الميكانيكا الكلاسيكية أن يكون تحويل لورنتز هو العامل الحاسم في الانتقال من مجموعة كهذه إلى أخرى .

وبقليل من التأمل البسيط نسبياً نجد أننا نصل إلى النتيجة التالية من هذه المقدمات ، وذلك متفق مع المعادلات الأساسية للديناميكا الكهربائية لماكسويل : إذا امتص جسم يتحرك بالسرعة  $v$  مقداراً من الطاقة  $h\nu$  (1) على شكل إشعاع دون أن يحدث نتيجة لذلك أى تغيير فى سرعته فإن طاقته تزيد نتيجة لذلك بالمقدار :

$$\frac{h\nu}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

وبتأمل التعبير الذى قدمناه آنفاً لطاقة الحركة للجسم نجد أن طاقة الحركة المطلوبة للجسم تصبح :

$$\frac{h\nu \left[ 1 + \frac{v^2}{c^2} \right]}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

وهكذا تصبح للجسم نفس الطاقة التى لجسم كتلته  $\left[ 1 + \frac{v^2}{c^2} \right]$  ويتحرك بالسرعة  $v$  . من هنا يمكن أن نقول : إذا اكتسب جسم قدرأ من

(1)  $h\nu$  هى الطاقة المستمدة كما تبدو بالنسبة الى مجموعة اسناد تتحرك مع الجسم .

الطاقة  $U$  فإن كتلتها القصورية تزيد بالمقدار  $\frac{U}{c^2}$  وليست كتلة القصور

لجسم ما ثابتة بل تتغير تبعاً لتغير طاقة الجسم . بل يمكن أن نقول إن كتلة قصور مجموعة من الأجسام يمكن أن تعتبر دليلاً على مقدار طاقتها . وعلى ذلك يصبح قانون بقاء كتلة مجموعة ما مطابقاً لقانون بقاء الطاقة للمجموعة نفسها . وهو صحيح مادامت المجموعة لا تمتص ولا تشع أية طاقة . وإذا عبرنا عن الطاقة بالتعبير :

$$E = mc^2 + U$$

وجدنا أن الحد  $mc^2$  الذي لفت نظرنا من قبل ليس إلا مقدار الطاقة (١) التي يملكها الجسم قبل أن يمتص  $U$  .

وليس من المستطاع حالياً المقارنة المباشرة بالتجربة لهذه العلاقة ( كان ذلك صحيحاً سنة ١٩٢٠ ولكن انظر التعليق في آخر هذا الفصل ) بالنسبة لأن تغيرات الطاقة  $U$  التي يمكن أن تعرض لها مجموعة ما ليست كبيرة بالحد الكافي لأن تجعل نفسها محسوسة كتغيير في كتلة قصور المجموعة حيث إن  $\frac{U}{c^2}$  مقدار صغير جداً بالمقارنة بالكتلة  $m$  التي كانت موجوده قبل تغير

الطاقة، ولهذا السبب استطاعت الميكانيكا الكلاسيكية بنجاح أن تعتبر قانون بقاء الكتلة قانوناً صحيحاً مستقلاً بذاته .

ودعني أضيف إلى ما تقدم ملاحظة أخيرة أساسية الجوهر . إن النجاح الذي حققته تفسيرات فرداي - ماكسويل للتأثير الكهرومغناطيسي عن بعد قد جعلت الفزيائيين أكثر اقتناعاً بأنه لا وجود لشيء من نوع

(١) كما تبدو لمجموعة احداثيات تتحرك مع الجسم .

« التأثير الفوري عن بعده ( أى الذى لا يتضمن وسطاً بينها ) الذى نجده فى قانون الجاذبية لنيوتن . وحسب نظرية النسبية يحل التأثير عن بعد بسرعة الضوء دائماً محل التأثير الفورى أو التأثير عن بعد بسرعة انتشار لانهاية . وهذا مرتبط بحقيقة أن السرعة  $c$  تلعب دوراً أساسياً فى النظرية . وفى الجزء الثانى من هذا الكتاب سنرى بأى شكل ستتعدل هذه النتيجة فى نظرية النسبية العامة

تعليق : مع تقدم عمليات التحويل النسوية التى تنشأ من قذف العناصر بدقائق ألفا أو البروتونات أو أشعة جاما تأكدت علاقة تكافؤ الكتلة والطاقة حسب المعادلة  $E = mc^2$  فمجموع الكتل المتبادلة التأثير مضافاً إليه مكافئ الكتلة للطاقة الحركية للدقائق المقذوفة (الفوتون) أكبر دائماً من مجموع الكتل الناتجة عن التحريل والفرق بينهما هو الكتلة المكافئة لطاقة الحركة للدقائق المتولدة أو الطاقة الكهرومغناطيسية المشعة (فوتونات جاما) . وبنفس الطريقة نجد أن كتلة الذرة المشعة التى تتحلل فجأة أكبر دائماً من مجموع كتل الذرات الناشئة بمقدار الكتلة المكافئة لطاقة الحركة للدقائق المتولدة (أو الطاقة الفوتونية) وقياسات الطاقة المتولدة عن التفاعلات النووية هى ومعادلات هذه التفاعلات يجعلان من الممكن تقدير الأوزان الذرية بغاية الدقة .

## الفصل السادس عشر

### نظرية النسبية الخاصة والتجربة

إلى أى مدى تؤيد التجربة نظرية النسبية الخاصة . . . ؟ ليس من السهل الإجابة على هذا السؤال للسبب الذى سبق ذكره عند الكلام عن تجربة فيزو الأساسية . وكلنا نعلم أن نظرية النسبية الخاصة قد تبلورت من نظرية ماكسويل لورنتز عن الظواهر الكهرومغناطيسية ، وتبعاً لذلك فإن كل الحقائق التى تؤيد هذه النظرية الأخيرة تؤيد نظرية النسبية . ولكنى أقصر هنا على ذكر الحقيقة التالية وحدها نظراً لما لها من الأهمية البالغة . إن نظرية النسبية تتيح لنا أن نعرف مقدماً التأثيرات التى تتناول الضوء الآتى إلينا من النجوم الثابتة . ومن الممكن الوقوف على هذه التأثيرات بطريقة متناهية البساطة . وقد وجد أنها وهى راجعة إلى حركة الأرض بالنسبة لهذه النجوم الثابتة تتفق مع التجربة . ونحن نشير هنا إلى الحركة السنوية للواقع الظاهرى للنجوم الثابتة الناشئة عن دوران الأرض حول الشمس (الزيج) وإلى تأثير المركبات القطرية لحركات النجوم الثابتة بالنسبة إلى الأرض على لون الضوء الذى يصل إلينا منها ، وهذا التأثير الأخير عبارة عن انتقال طفيف فى خطوط الطيف فى الضوء المرسل من النجوم الثابتة إلينا إذا قورن بوضع نفس هذه الخطوط إذا كان مصدر الضوء على الأرض (ظاهرة دوبلر) ، والبراهين التجريبية التى تؤيد نظرية ماكسويل - لورنتز وتؤيد أيضاً نظرية النسبية أكثر من أن تحصى هنا . وهى فى الحقيقة تحدد الإمكانيات النظرية بشكل لم تقو على الصمود أمامه غير نظرية ماكسويل لورنتز .

ولكن هناك مجموعتان من الحقائق التجريبية لا يمكن تطبيق نظرية ماكسويل لورنتز عليها إلا إذا أدخلنا على تلك النظرية - وذلك دون أن نلجأ إلى نظرية النسبية - فرضاً يبدو مفتعلاً .

فن المعروف أن أشعة المهبط وكذلك الأشعة المعروفة بأشعة بيتا التي تشعها المواد ذات الإشعاع كليهما تتكون من جسيمات صغيرة مشحونة بشحنة كهربائية سالبة (إلكترونات) لها قصور ذاتي صغير جداً وسرعة كبيرة جداً. وإذا درسنا انحراف هذه الإشعاعات تحت تأثير المجالات الكهربية والمجالات المغناطيسية أمكننا أن نعرف بالضبط قانون حركتها .

وتواجهنا عند دراسة هذه الإلكترونات نظرياً في ضوء نظرية الديناميكا الكهربائية مشكلة ناشئة عن عجز هذه النظرية نفسها عن تفسير طبيعة الإلكترونات . فلما كانت الكتلة الكهربائية المشابهة النوع تتنافر فيما بينها فإن الكتلة الكهربائية السالبة التي تكون الإلكترونات يجب أن تتنافر بفعل تنافرها فيما بينها ما لم تكن واقعة تحت تأثير قوى من نوع آخر لم تتضح لنا حتى الآن (1) . فإذا فرضنا أن المسافات التي تفصل بين الكتل الكهربائية التي تكون الإلكترونات تظل ثابتة أثناء تحركها بالنسبة لبعضها البعض (اتصال جاميء بالمعنى الميكانيكي الكلاسيكي) فإن القانون الذي نصل إليه معبراً عن حركة الإلكترون لا يتفق مع التجربة . ولقد كان لورنتز هو أول من افترض من وجهة نظر شكلية بحتة أن شكل إلكترون يعاني انكماشاً في اتجاه حركته وأن كمية الانكماش تتناسب مع  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  وهذا الفرض الذي لا تبرره أي حقائق الديناميكا الكهربائية يدنا بالقانون .

(1) توضح نظرية النسبية العامة أن الكتلة الكهربائية المشابهة للإلكترونات تتجمع معا تحت تأثير قوى الجذب .

الخاص بحركة الإلكترون وهو القانون الذي حققته التجربة بدقة  
حافقة أخيراً .

ونظرية النسبية تؤدي إلى نفس قانون الحركة دون حاجة إلى افتراض  
آخر فيما يتعلق ببناء أو سلوك الإلكترون . وقد وصلنا إلى نتيجة مماثلة لهذا  
في الفصل الثامن فيما يتعلق بتجربة فيزو التي تبأت نظرية النسبية بنتيجة  
بمطابقة لها دون حاجة إلى أى افتراض حول طبيعة السائل .

والمجموعة الثانية من الحقائق التي أشرنا إليها تتعلق بمسألة إمكان أو  
استحالة جعل حركة الأرض في الفضاء محسوسة بالتجربة على الأرض .  
لقد لاحظنا في الفصل الخامس أن كل المحاولات التي أجريت لهذا الغرض  
كانت نتائجها سلبية . وقبل وضع نظرية النسبية لم يكن مستطاعاً إدراك سبب  
هذه السلبية لأن الأفكار الخاطئة التي توارثناها عن الزمان والمكان حالت  
بيننا وبين الشك في قيمة التحويل الجاليلي في حالة الانتقال من مجموعة  
إسناد إلى مجموعة إسناد أخرى . فإذا افترضنا أن معادلات ماكسويل لورنتز  
صحيحة بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م مثلاً وجدنا عند تطبيقها على مجموعة إسناد  
أخرى م' تتحرك بحركة منتظمة بالنسبة إلى م أنها غير مطابقة وذلك في حالة  
افتراضنا أن علاقات التحويل الجاليلي بين إحداثيات مجموعة الإسناد م و مجموعة  
الإسناد م' هي السائدة . وهكذا يبدو أنه من بين كل مجاميع الإسناد الجاليلية  
هناك مجموعة إسناد واحدة م تقابل حالة خاصة من الحركة تتميز عما  
عداها من المجموعات بحيث تبدو فريدة في بابها . وقد فسر بعض العلماء  
هذا الأمر فزيائياً بأن اعتبروا م في حالة سكون بالنسبة « لآثير الفضاء »  
الذي تخيلوه وفرضوا وجوده فرضاً، بينما اعتبروا من الناحية الأخرى كل  
مجموعات الإحداثيات م' التي تتحرك بالنسبة إلى م في حالة حركة بالنسبة  
لهذا الآثير . وقد نسبت إلى حركة م في الآثير ( دفع الآثير بالنسبة إلى م )  
أشد القوانين تعقيداً والتي كان يظن أنها تطبق على م وبالتحديد استلزم



الأمر أن نفترض دفع الأثير هذا قائماً بالنسبة للأرض أيضاً . ولمدة طويلة وجه علماء الفيزياء جهودهم صوب محاولة الاستدلال على هذا الدفع على سطح الأرض .

وفي إحدى هذه المحاولات ابتكر ميكلسن محاولة تبدو حاسمة إذ تصور مرآتين مثبتتين على جسم جامد بحيث يتقابل سطحاهما العاكسان (وجهها لوجه) . يستغرق شعاع الضوء زمناً محدداً ليقطع المسافة بينهما ذهاباً وإياباً إذا كان الجهاز ثابتاً بالنسبة للأثير ولكن إذا كان الجهاز متحركاً بالنسبة للأثير فقد وجد بالتقدير الحسابي أن الزمن  $Z$  اللازم للعملية في هذه الحالة يختلف قليلاً عن الزمن  $Z$  ، وفوق ذلك فقد أظهر التقدير الحسابي أنه إذا كانت سرعة الجهاز  $v$  بالنسبة للأثير فإن هذا الزمن  $Z$  يختلف في حالة ما إذا كان اتجاه حركة الجسم عمودياً على مستوى المرآتين عنه في حالة ما إذا كان اتجاه حركته موازياً لهما . وبالرغم من أن الفرق بين هذين الزمنين ضئيل جداً فقد أجرى ميكلسن - مورلي تجربة على أساس التداخل الضوئي يمكن الاستدلال منها على ذلك الفرق . ومع كل جاءت نتيجة التجربة سلبية وكان هذا أمراً محيراً جداً لعلماء الفيزياء . وقد تغلب لورنتز وفنزجرالد على هذا الموقف المنازم بأن افترضوا أن حركة أي جسم بالنسبة للأثير تحدث انكماشاً في الجسم في اتجاه الحركة . وأن مقدار هذا الانكماش كافٍ لأن يعادل ذلك الفرق في الزمن الذي أشرنا إليه آنفاً . وبمقارنة هذا بما جاء في الفصل الثاني عشر نرى أنه من وجهة نظر النظرية النسبية كان هذا الحل للمشكلة هو الحل الصحيح ولكنه تم في نظرية النسبية على أساس أسلم جداً ، فليس في نظرية النسبية شيء مثل مجموعة الإحداثيات المميزة أو الفريدة التي استوجبت فكرة الأثير . وعلى ذلك فليس هناك دفع في الأثير وليس هناك داعٍ لإثبات تجربة الاستدلال عليه . إن انكماش الأجسام

المتحركة يتبع المبدأين الأساسيين النظرية دون ما حاجة إلى اصطناع أى فروض خاصة. والعامل الأول فى هذا الانكماش ليس هو الحركة فى حد ذاتها فليس لها أى معنى مستقل إنما هو الحركة بالنسبة إلى مجموعة الإسناد التى وقع عليها الاختيار وعلى ذلك فجهاز المرآة لميكلسن — مورلى لا يعانى انكماشاً بالنسبة إلى مجموعة إسناد تتحرك على الأرض ولكنه ينكمش بالنسبة إلى مجموعة إسناد فى حالة سكون بالنسبة إلى الشمس .

## الفصل السابع عشر

### فضاء منكوفسكي رباعي الأبعاد

إن القراء من غير الرياضيين ينتابهم الفزع والرعب حينما يقرأون عن الأشياء الرباعية الأبعاد ، وهم يحسون عند ذلك إحساساً لا يختلف كثيراً عما يحسون به في مواجهة السحر والسحرة . ومع ذلك فليس هناك قول أعم من أن العالم الذي نعيش فيه متصل زماني مكاني رباعي الأبعاد .

إن المكان متصل ثلاثي الأبعاد ، ونعني بهذا أننا نستطيع أن نحدد موضع النقطة الساكنة بوساطة ثلاثة أعداد ( إحدائيات ) س . ص . سه وأن هناك عدداً لانهاية من النقط المتجاورة يحدد موضع أيأ منها الإحدائيات س . ص . سه يمكن أن تكون قريبة بأية درجة نختارها إلى الإحدائيات س . ص . سه الخاصة بالنقط الأولى ولهذا السبب نسميها المتصل . ونظراً لأن له إحدائيات ثلاثاً فإننا نقول عنه إنه ثلاثي الأبعاد .

وبالمثل فإن دنيا الظواهر الطبيعية ويسمينا منكوفسكي باختصار « العالم » طبيعي أن تكون رباعية الأبعاد بالمعنى الزماني - المكاني لأنها تتكون من حوادث فردية يعين كل منها أربعة أعداد هي بالاسم ثلاثة إحدائيات مكانية س . ص ، سه وإحدائي زماني ز . والعالم بهذا المعنى متصل لأنه توجد بالنسبة لكل حادثة حوادث مجاورة ( واقعية أو على الأقل يمكن تخيلها ) لا حصر لها إحدائياتها س ، ص ، سه ، ز . وتختلف بقدر ضئيل جداً عن إحدائيات الحادثة الأولى س ، ص ، سه ، ز أما كوننا لم نتعود على النظر إلى العالم بهذا المعنى على أنه متصل رباعي الأبعاد فذلك

راجع إلى أن الزمان كان يلعب في الفيزياء قبل نظرية النسبية دوراً مختلفاً أو أكثر استقلالاً إذا قورن بإحداثيات المكان، وهذا هو الأصل في العادة التي جرينا عليها من اعتبار الزمان متصلاً مستقلاً . وفي الواقع يعتبر الزمن في نظر الميكانيكا الكلاسيكية مطلقاً بمعنى أنه مستقل عن موضع مجموعة الإسناد وحالتها من الحركة . ونرى تعبيراً عن هذا في المعادلة الأخيرة من التحويل الجاليلي  $Z = z$  .

والنحو الرباعي الأبعاد في تصور العالم هو الوضع الطبيعي في نظرية النسبية حيث تجرد هذه النظرية الزمن من استقلاله . ويظهر هذا في المعادلة الرابعة

$$Z = \frac{z - \frac{v}{c^2} \frac{dx}{dt}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

وفوق ذلك فإن الفرق الزمني  $\Delta z$  لحادثتين بالنسبة إلى م لا يختفي عادة حتى ولو اختلف الفرق الزمني  $\Delta z$  لنفس هاتين الحادثتين بالنسبة إلى م . إن الفاصل المكاني الخالص لحادثتين بالنسبة إلى م ينتج فاصلاً زمنياً لنفس الحادثتين بالنسبة إلى م . وليس هذا هو أهم اكتشافات منكوفسكي ، إذ أن اكتشافه الأهم يكمن في الحقيقة في تسليمه بأن المتصل الزماني - المكاني الرباعي الأبعاد بالنسبة للنظرية النسبية يشبه شياً بعيداً في خواصه الشكلية الأساسية المتصل المكاني الثلاثي الأبعاد للمدرسة الإقليدية (1) وما علينا لإظهار هذا الشبه إلا أن نستبدل إحداثي الزمن العادي  $z$  بالكمية الخيالية  $\sqrt{-1} z$  المتناسبة معه . وبهذا تأخذ القوانين الطبيعية التي تطابق نظرية النسبية الخاصة الشكل الرياضي الذي يلعب فيه إحداثي الزمن نفس دور

(1) انظر شرح هذه المسألة بتفصيل أكبر في الملحق الثاني .

إحداثيات المسكان الثلاث. وتناظر هذه الإحداثيات الأربعة من حيث الشكل  
إحداثيات الهندسة الإقليدية المكانية الثلاث. ويجب أن يكون واضحاً حتى لغير  
الرياضيين أنه نتيجة لهذه الإضافة الشكلية البحتة إلى معلوماتنا اكتسبت  
النظرية بالطبع وضوحاً لاحدله.

إن هذه الملاحظات العابرة يمكن أن تعطى القارى صورة ما عن  
الفكرة الهامة التي ساهم بها منكوفسكى والتي بدونها لما استطاعت النظرية  
النسبية العامة - وسندرس أسسها فيما يلي من الكتاب - أن توسع مجالها  
وأن يتسع تطبيقها إلى هذا الحد الشامل. لاشك أن أبحاث منكوفسكى  
صعبة المنال على غير الرياضيين ولكنه لما كان يكفي لفهم الأفكار الأساسية  
لنظرية النسبية الخاصة والعامة إلماً خفيفاً بهذه الأبحاث فإني سأتركها  
الآن على أن لا أعود إليها إلا عند نهاية الجزء الثاني من هذا الكتاب.



الجزء الثاني

نظرية النسبية العامة







## الفصل الثامن عشر

### نظريتنا النسبية الخاصة والعامة

لقد كان المبدأ الأساسي الذي دارت حوله كل الدراسات السابقة هو مبدأ النسبية الخاصة أى مبدأ النسبية الفيزيائية لكل حركة منتظمة . والآن دعنا مرة أخرى نحلل معناه بعناية ودقة .

لقد كان واضحاً في جميع الأزمان أنه لا مندوحة — من حيث وجهة النظر التي تنقلها لنا — من اعتبار الحركة (كل حركة) حركة نسبية فقط . فإذا عدنا إلى المثل الإيضاحي الذي لجأنا إليه كثيراً — مثل الطريق الحديدي وعربة القطار — فإننا نستطيع أن نعبر عن حقيقة الحركة التي تحدث هنا بالشكلين التاليين :

- ( أ ) العربة في حالة حركة بالنسبة إلى الطريق الحديدي .
- ( ب ) الطريق الحديدي في حالة حركة بالنسبة إلى العربة .

ويقوم في ( أ ) الطريق الحديدي وفي ( ب ) عربة القطار مقام مجموعة الإسناد عند تقديرنا لحالة الحركة لحادثة ما ، فإذا كان الأمر ببساطة هو الكشف عن الحركة أو وصفها فلا أهمية من حيث المبدأ إلى أي مجموعة إسناد نستند فهذا أمر كما سبق أن بينا واضح بنفسه للعيان ولكنه لا يجب الخلط بينه وبين النص الأكثر تعميماً وشمولاً والذي يسمى مبدأ النسبية الذي اتخذناه أساساً لأبحاثنا .

إن مبدأ النسبية لا ينص فحسب على أننا نستطيع أن نختار على السواء

العربة أو الطريق كجموعة إسناد لوصف أية حادثة ( فهذا أيضاً واضح بنفسه للعيان ) بل إنه فوق ذلك يؤكد على الأخص ما يلي : أننا إذا صغنا القوانين الطبيعية العامة كما نحصل عليها بالتجربة باستعمال :

( أ ) الطريق كجموعة إسناد .

( ب ) عربة القطار كجموعة إسناد .

فإن هذه القوانين العامة ( أى قوانين الميكانيكا وقانون انتشار الضوء في الفراغ ) يكون لها نفس الشكل في كلتا الحالتين . ويمكن التعبير عن هذا على النحو التالي أيضاً : ليس لأى من مجموعتي الإسناد م م من حيث الملاءمة للوصف الفزيائى للعمليات الطبيعية وضع فريد ( أو حرفياً ليس لأى منهما ميزة خاصة ) بالمقارنة بالجموعة الأخرى . وعلى خلاف النص الأول فإن هذا النص الأخير ليس بالضرورة صحيحاً بدهة حيث إنه ليس مشمولاً في تصورى الحركة أو مجموعة الإسناد أو قابلاً للاشتقاق منهما . بل إن التجربة وحدها هى التى يمكن أن تقرر صحته أو بطلانه .

ومع ذلك فإننا حتى الآن لم ندع أبداً تكافؤ جميع مجموعات الإسناد م لصياغة القوانين الطبيعية . فلقد كان كل ما ذهبنا إليه أقرب إلى ما يلي :

فى أول الأمر ابتدأنا بفرض أن هناك مجموعة إسناد م حالتها من الحركة تجعل القانون الجاليلى التالى صحيحاً بالنسبة لها : إذا عزلت إحدى الجسيمات المادية عزلاً كافياً عن بقية الجسيمات وتركت وشأنها فإنها تتحرك بحركة منتظمة فى خط مستقيم . فكانت القوانين الطبيعية كأبسط ما يكون بالنسبة إلى م ( مجموعة إسناد جاليلية ) ولكن بالإضافة إلى م وجدنا أنه ينبغى أن نعطى كل مجموعات الإسناد نفس الأفضلية فى هذا المعنى ؛ ولذلك يجب أن تكون هذه المجموعات مكافئة للجموعة م من حيث الملاءمة لصياغة القوانين الطبيعية طالما كانت هذه المجموعات فى حالة حركة منتظمة فى خط مستقيم بالنسبة إلى م وليست فى حركة دوران . وعلى ذلك تعتبر

كل مجموعات الإسناد هذه مجموعات إسناد جاليلية . ولذلك كانت صحة مبدأ النسبية مفروضة بالنسبة لهذه المجموعات لا غيرها ( أى لتلك التى تتحرك بحركة مختلفة النوع ) إن هذا هو المعنى الذى نقصده عندما نتكلم عن مبدأ النسبية الخاصة أو نظرية النسبية الخاصة .

أما الآن فعلى العكس من هذا نود أن نعطي « مبدأ النسبية العامة » النص التالى : « كل مجموعات الإسناد موم . . . إلخ متكافئة من حيث ملائمتها لوصف الظواهر الطبيعية ( صياغة القوانين الطبيعية العامة ) مهما كانت حالتها من الحركة ، ولكن قبل أن نمضى إلى أبعد من هذا يجدر بي أن أشير إلى أن هذه الصيغة هى الأخرى مؤقتة أيضاً وسيصبح من الواجب استبدالها فيما بعد بأخرى أكثر إطلافاً وشمولاً لأسباب ستوضح فى حينها .

ومنذ أن وضع أن مبدأ النسبية الخاصة له ما يبرره كان طبيعياً جداً أن يحس كل راغب فى فهم أوسع وأعم ميلاً فى قرارة نفسه إلى التقدم قدماً نحو مبدأ النسبية العامة . ولكن اعتباراً بسيطاً له وزنه يوحى - على الأقل فى وضعنا الحالى - بأن الأمل فى نجاح هذه المحاولة ضعيف جداً تعترضه صعاب هائلة لا بد من التغلب عليها أولاً . والآن دعنا نتخيل أننا قد انتقلنا إلى عربة القطار التى تسير بسرعة منتظمة . إن المسافر فيها لا يشعر بحركتها طالما هى تتحرك بانتظام ولهذا السبب يستطيع دون غضاضة أن يفسر الأمر على اعتبار أن العربة ساكنة والطريق هو الذى يتحرك . وفوق ذلك فإننا نجد أن هذا التفسير تبعاً لمبدأ النسبية الخاصة صحيح أيضاً من وجهة النظر الفزيائية .

ولكن إذا تغيرت الآن حركة العربة إلى حركة غير منتظمة بسبب « فرملة » شديدة مثلاً فإن المسافر سيشعر فوراً مقابل ذلك بدفعة قوية إلى الأمام ، وسيترتب على انجباس هذه الحركة آثار أخرى تتناول الأجسام

التي في العربية مما سوف يشاهده المسافر فيها . وسوف يختلف ما يحدث في هذه الحالة عما حدث في الحالة التي تأملناها أولاً ؛ ولهذا السبب يبدو أنه من المستحيل أن تكون القوانين الميكانيكية السائدة بالنسبة إلى العربية التي تتحرك بحركة منتظمة أو الساكنة هي نفس القوانين التي تنطبق في حالة العربية التي تتحرك بحركة غير منتظمة . وعلى أية حال فإنه واضح جداً أن القوانين الجاليلية لا تنطبق على العربية التي تتحرك بحركة غير منتظمة . ومن أجل هذا نشعر أننا مضطرون في الوضع الحالي إلى أن نضيق نوعاً من الحقيقة الفيزيائية المطلقة على الحركة غير المنتظمة بما لا يتفق مع مبدأ النسبية العامة . ولكننا سنرى سريعاً أن هذا الرأي الشطط لا يمكن أن يفرض علينا طويلاً إذ سنجد لنا منه مخرجاً سهلاً .

## الفصل التاسع عشر

### مجال الجاذبية

إذا التقطت حجراً ثم تركته وشأنه فلماذا يسقط على الأرض . . . ؟  
إن الإجابة المعتادة على هذا السؤال هي أن الأرض تجذب الحجر. والفيزياء الحديثة تجيب إجابة مختلفة للأسباب الآتية : لقد أدت الدراسة المفصلة للظواهر الكهرومغناطيسية إلى اعتبار أن التأثير عن بعد - دون تدخل وسط ما بين الطرفين - عملية مستحيلة، فإذا جذب مغناطيس قطعة من الحديد مثلاً فإننا لانكتفي بأن نعتبر أن معنى هذا هو أن المغناطيس يؤثر مباشرة على الحديد خلال الفضاء الفارغ. ولكننا نضطر إلى أن نتخيل مع فرداي أن المغناطيس يخلق حوله شيئاً فيزيائياً حقيقياً - هو المجال المغناطيسي - يؤثر بدوره على قطعة الحديد بحيث يدفعها إلى الحركة نحو المغناطيس. ولن نناقش هنا مبررات هذه الفكرة العارضة، وهي في الحقيقة فكرة لا تخلو من التعسف بوجه ما، ولكننا نكتفي بأن نقول إنه باستخدام هذه الفكرة (فكرة المجال) أمكن تفسير الظواهر الكهرومغناطيسية بطريقة أفضل بكثير مما لو استبعدناها خصوصاً فيما يتعلق بانتشار الأمواج الكهرومغناطيسية. وآثار الجاذبية أيضاً تعامل بنفس الطريقة.

إن تأثير الأرض على الحجر يحدث بطريقة غير مباشرة. فالأرض تخلق حولها مجالاً جاذبياً يؤثر على الحجر مسبباً سقوطه. وتعلمنا التجربة أن شدة التأثير على جسم ما تتناقص كلما ابتعد هذا الجسم عن الأرض، وذلك تبعاً لقانون محدد. وهذا يعني من جهة نظرنا أن القانون الذي يحكم خواص

مجال الجاذبية في الفضاء لا بد أن يكون قانونا تام التحديد حتى يتحدد بالضبط تناقص الأثر الجاذبي تبعاً لبعدها الأجسام المؤثرة . وهذا القانون قريب مما يلي : « إن الجسم ( أى الأرض ) يولد حوله فيما يجاوره مباشرة مجالاً ويحدد شدة واتجاه هذا المجال في النقط البعيدة عن الجسم » القانون الذى يحدد خواص المجالات نفسها في الفضاء .

وعلى العكس من المجالات المغناطيسية والكهربائية نجد أن مجالات الجاذبية تنفرد بميزة خاصة على جانب أساسى من الأهمية . « ذلك أن الأجسام التى تتحرك تحت تأثير مجال الجاذبية فقط تتحرك بعجلة لا تعتمد أبداً على الحالة المادية ولا الفيزيائية للجسم » . مثال ذلك أن قطعة الرصاص وقطعة الخشب تسقطان بنفس الكيفية تحت تأثير مجال الجاذبية في الفراغ سواء بدأ سقوطها من حالة السكون أو ابتداءه بسرعة واحدة . ويمكن التعبير عن هذا القانون الدقيق بطريقة أخرى تبعاً لما يلي : « إننا وفقاً لقانون نيوتن للحركة نجد أن : القوة = ( كتلة القصور الذاتى ) × العجلة حيث تكون كتلة القصور ثابتاً مبرزاً للجسم المعجل . فإذا أصبحت الآن الجاذبية سبب العجلة نجد أن :

$$\text{القوة} = \text{كتلة الجاذبية} \times \text{شدة المجال الجاذبي} .$$

حيث كتلة الجاذبية ثابتة مبرز للجسم . ومن هاتين المعادلتين نجد أن

$$\text{العجلة} = \frac{\text{كتلة الجاذبية}}{\text{كتلة القصور الذاتى}} \times \text{شدة مجال الجاذبية}$$

فإذا كانت العجلة مستقلة عن طبيعة الجسم وحالته من السكون أو الحركة كما هو ثابت بالتجربة، فعلى ذلك لا بد أن تكون هذه العجلة واحدة بالنسبة إلى كل الأجسام . وإذا اخترنا الوحدات المناسبة أمكن أن نجعل هذه النسبة مساوية للوحدة . وبذلك نحصل على القانون : « كتلة الجاذبية لجسم ما مساوية لكتلة القصور الذاتى للجسم نفسه »

صحيح أن هذا القانون الهام كان معروفاً من قبل في الميكانيكا ولكن أحداً لم يفسره وقت ذلك، ولا يمكن الوصول إلى تفسير مرض له ما لم نسلم بالحقيقية التالية : « إن خاصيتي القصور الذاتي والوزن لجسم ما ( حرفياً الثقل ) هما في الحقيقة شيء واحد يبدو مرة بهذا الشكل والأخرى بالشكل الآخر حسب الظروف . وسنرى في الفصل التالي لأي مدى يتفق هذا مع الواقع وسنرى كيف ترتبط هذه المسألة بفرض النسبية العامة .

## الفصل العشرون

### تساوى كتلتى القصور والجاذبية

كحجة فى صف المبدأ العام للنسبية

دعنا نتخيل حيزاً فارغاً قصياً ومنعزلاً عن النجوم وعن كل الكتل الأخرى ذات الحجم الذى يعتد به بحيث يتوافق لنا تقريباً فى هذا الحيز كل الشروط التى تتطلبها قانون جاليليو الأساسى . وعند ذلك سيكون ممكناً أن نختار مجموعة إسناد جاليلية لهذا الحيز (الجزء من العالم) ، وبالنسبة إلى هذه المجموعة ستستمر كل النقط الساكنة فى سكونها والنقط المتحركة كذلك ستستمر تتحرك فى حركة منتظمة فى خط مستقيم . دعنا نتخيل هذه المجموعة على هيئة قفص فسيح يشبه حجرة وبداخله راصد مزود بما يحتاج إليه من الأحزمة ، وطبعاً لا وجود للجاذبية بالنسبة إلى هذا الراصد بل إنه يجب عليه أن يربط نفسه بالحبال بأرضية القفص ، وإلا فإن أقل دفع على هذه الأرضية سيجعله يصعد ببطء نحو سقف القفص .

وقد ثبتنا وسط غطاء القفص من الخارج خطافاً مربوطاً به حبل . هب الآن أن كائناً ( لا يعيننا هنا نوع هذا الكائن ) بدأ يشد القفص من الحبل بقوة ثابتة عند ذلك سيبدأ القفص والراصد الذى فيه فى الصعود إلى أعلى بحركة منتظمة العجلة ومع الزمن ستصل سرعتها إلى قدر لم يسمع به من قبل مادامنا نرصد كل هذا من مجموعة إسناد أخرى لا تتأثر بأى دفع .



ولكننا نريد الآن أن نرى كيف ينظر الرجل الذي في القفص إلى هذه العملية . إن عجلة القفص ستنتقل إلى الرجل عن طريق رد فعل أرضية القفص وينبغي عليه إذاً أن يتحمل هذا الضغط على قدميه إذا كان لا يريد أن يرمى بكامل قامته على أرضية القفص . إنه يقف في القفص ، بنفس الطريقة التي يقف بها أي إنسان في حجرة من حجرات منزل على الأرض . وإذا ترك هذا الرجل جسماً كان في يده من قبل وشأنه عندئذ سيتوقف انتقال العجلة إلى هذا الجسم وسيسقط نحو الأرضية بحركة نسبية ذات عجلة وسيقنع الراصد نفسه بعد ذلك ، أن مقدار سقوط الجسم نحو أرضية القفص سيظل ثابتاً ( مقداراً واحداً دائماً ) مهما كان نوع الجسم الذي يستخدمه في التجربة .

واستناداً إلى ما يعلمه الرجل جيد العلم عن المجال الجاذبي ( وهو ما قد وضحناه في الفصل السابق ) سيصل سريعاً إلى هذه النتيجة : —

« إنه والقفص واقعان في مجال جاذبي ثابت على مر الزمن ، وبديهي أنه سيتعجب لحظة لمماذا لا يسقط القفص في هذا المجال الجاذبي ولكنه سيكتشف فوراً الخطاف الذي يتوسط غطاء القفص والحبل المربوط به . وسيصل تبعاً لذلك إلى أن القفص معلق في حالة سكون في المجال الجاذبي .

هل يجدر بنا أن نسخر من الرجل وأن نقول إنه يخطيء الظن وإن تصوره للموقف باطل . ؟ لست أعتقد أنه يجوز لنا ذلك إذا كنا نريد أن نكون منصفين ، بل ينبغي علينا أن نسلم بأنه سلك في فهم الموقف سلوكاً لا يتعارض مع العقل . أو القوانين الميكانيكية المعروفة . فعلى الرغم من أن القفص يتحرك بعجلة بالنسبة للحيز الجاليلي الذي فرضناه أولاً فإننا نستطيع مع ذلك اعتبار القفص ساكناً وهكذا يصبح لدينا أسباب قوية لتوسيع مدى مبدأ النسبية حتى يشمل مجموعات الإستاد التي تتحرك بعجلة

بالنسبة لبعضها البعض ، ونسكون قد كسبنا حجة قوية في جانب مبدأ النسبية العامة .

يجب أن نلاحظ بعناية أن هذا النحو من التفسير ليس ممكناً إلا ارتكازاً على الصفة الأساسية للمجال الجاذبي ، من حيث إنه يعطى جميع الأجسام نفس العجلة أو ( وهو نفس الشيء ) على قانون تساوى الكتلة القصورية والكتلة الجاذبية فلم يكن هذا القانون الطبيعي قائماً لما استطاع الرجل الذى فى القفص تفسير سلوك الأجسام حوله بفرض مجال جاذبي . ولما كان له أى عذر - اعتماداً على التجربة - فى أن يفرض أن مجموعة إسناده ساكنة .

ولنفرض الآن أن الرجل ثبت حبلاً من أحد طرفيه فى الناحية الداخلية من غطاء الصندوق وربط فى الطرف الآخر من الحبل جسماً ما ، سيترتب على ذلك أن يشد الحبل متوتراً بحيث يكون معلقاً رأسياً إلى أسفل ، وإذا سألناه عن سبب توتر الحبل أجابنا بأن الجسم المعلق يؤثر بقوة تتجه إلى أسفل فى المجال الجاذبي وهذه القوة تتعادل مع توتر الحبل ومقدار هذا التوتر تحدده كتلة الجاذبية للجسم المعلق فى الحبل ، ومن الناحية الأخرى سيفسر راصد ينطلق بحرية فى الفضاء هذا الوضع على النحو التالى : -

« إن الحبل يشترك حتماً فى الحركة ذات العجلة التى يتحرك بها القفص وهو يوصل هذه الحركة إلى الجسم المعلق بطرفه ، وتوتر الحبل يكون بالقدر الذى يكفى لتعجيل الجسم ، والذى يحدد مقدار هذا التوتر هو كتلة الجسم القصورية . وفى ضوء هذا المثل نرى أن توسيعنا لمبدأ النسبية تتبعه «حتمية» قانون تساوى الكتلة القصورية مع الكتلة الجاذبية ، وبهذا الشكل نكون قد حصلنا على تفسير فيزيائى لذلك القانون ، .

ونحن نرى من مثل القفص الذى يتحرك بحركة ذات عجلة أن

نظرية عامة للنسبية لا بد أن يكون لها تأثير بالغ على قوانين الجاذبية ، ولقد أمدنا الاستقصاء المنظم للفكرة العامة للنسبية بالقوانين التي يحققها المجال الجاذبي، ولكني حريص جداً قبل التقدم إلى أبعد من هذا على أن أحذر القارئ من سوء فهم قد يوحى به هذا المثل . إن مجالاً جاذبياً قد وجد بالنسبة إلى الرجل الذي في القفص على الرغم من أنه لم يكن في الواقع هناك مثل هذا المجال بالنسبة إلى مجموعة الإسناد التي اخترناها في أول الأمر ولذلك قد نتوهم أن وجود المجال الجاذبي ليس إلا أمراً صورياً على الدوام ، وربما تخيلنا أيضاً أنه بصرف النظر عن نوع المجال الجاذبي الذي قد يكون موجوداً فإننا نستطيع دائماً اختيار مجموعة إسناد أخرى بحيث لا يوجد بالنسبة لها مجال جاذبي . وليس هذا بأي حال من الأحوال حقيقياً بالنسبة لكل المجالات الجاذبية وإنما فقط بالنسبة لشكل خاص جداً منها . فمن المستحيل مثلاً أن نختار مجموعة إسناد بحيث يتلاشى المجال الجاذبي للأرض ( بكليتها ) بالنسبة لهذه المجموعة .

ونستطيع الآن أن نزن بميزان دقيق لماذا كانت الحجة التي قدمناها ضد مبدأ النسبية العامة في الفصل الثامن عشر واهية غير مقنعة ، ولا شك أن الراصد في القطار يعاني حقاً اندفاعاً إلى الأمام نتيجة لاستعمال فرامل القطار وهو يستدل من هذا على عدم انتظام حركة العربة (التعويق) ولكن أحداً لا يضطره أن يسند هذا الاندفاع إلى عجلة حقيقية (التعويق للعربة) فإنه يستطيع لو شاء أن يفسر ما حدث على هذا النحو : إن مجموعة الإسناد (العربة) تظل دائماً ساكنة ومع ذلك يوجد بالنسبة لها (أثناء فترة استعمال الفرامل) مجال جاذبي موجه إلى الأمام ، يتغير بمرور الزمن ، وتحت تأثير هذا المجال يتحرك الطريق والأرض بحركة غير منتظمة على نحو يجعل سرعتيهما الأصلية في الاتجاه إلى الخلف تتناقص باستمرار .

## الفصل الحادي والعشرون

ماهى أوجه النقص فى أسس الميكانيكا الكلاسيكية

ونظرية النسبية الخاصة ؟؟؟

ذكرنا مراراً فى سياق ما تقدم أن الميكانيكا الكلاسيكية تبدأ من هذا القانون : « إن الجسيمات المادية المعزولة عن بعضها البعض عزلاً كافياً تستمر إما على الحركة المنتظمة فى خط مستقيم وإما على السكون » .

ولقد أكدنا مراراً أن هذا القانون الأساسى لا يمكن أن يكون صحيحاً إلا بالنسبة إلى مجموعات الإسناد (م) ذات حالات فريدة معينة من الحركة والتي فى حالة حركة انتقال منتظمة بالنسبة لبعضها البعض، أما بالنسبة إلى مجموعات الإسناد الأخرى (م) فإنه غير صحيح . وعلى ذلك فإننا نفرق فى كل من الميكانيكا الكلاسيكية ونظرية النسبية الخاصة بين مجموعات الإسناد (م) التى يمكن أن يقال إن قوانين الطبيعة المعروفة تنطبق عليها وبين مجموعات الإسناد (م) التى لا تنطبق عليها هذه القوانين :

ولكن هذا الوضع لا يتفق وسلامة المنطق . إتنا سرعان ما نتساءل كيف يكون لبعض مجموعات الإسناد ( أو حالاتها من الحركة ) أفضلية على بقية المجموعات ( أو حالاتها من الحركة ) ؟؟؟ ولماذا كان هذا التفضيل ؟.. ولكى أوضح جيداً معنى هذا السؤال دعنى أضرب لك مثلاً :

هب أنتى أقف أمام موقد غازى على جانبيه قدران متشابهان لا تميز العين بينهما ، وكلاهما مليء حتى منتصفه بالماء . وأنى أشاهد البخار يتصاعد

باستمرار من أحدهما دون الآخر لاشك في أن ذلك سيكون مدعاة للعجب حتى ولو لم أكن قد رأيت موقداً غازياً وقدرت من قبل ، ولكن لو أني لاحظت وجود شيء مضيء أزرق اللون تحت القدر الأول دون الآخر لما كان هناك داع للاستغراب حتى ولو لم أكن قد رأيت شعلة غاز من قبل لأنني سوف أستطيع أن أقول إن هذا الشيء الأزرق هو السبب في تصاعد البخار أو على الأقل يحتمل ذلك . وكان حرياً بي أن أظل حائراً لو لم أكتشف هذا الشيء الأزرق اللون تحت أحد القدرين إذا كان سيتعين عليّ عندئذ أن أحاول اكتشاف ظرف آخر أسند إليه تصاعد البخار من أحد القدرين دون الآخر .

وبالمثل فإننا نسمى إلى اكتشاف شيء حقيقي في الميكانيكا الكلاسيكية ( أو في نظرية النسبية الخاصة ) نسند إليه اختلاف سلوك الأجسام بالنسبة إلى مجموعات الإسناد م عن سلوكها بالنسبة إلى مجموعات الإسناد م . لقد أدرك نيوتن هذا النقص وحاول التغلب عليه ولكنه فشل في ذلك . ولكن ماك أدركه إدراكاً أوضح من الجميع ولهذا طالب بالحاج بأن توضع الميكانيكا على أسس جديدة ولا يمكن تلافى هذا النقص إلا في فيزياء تنفق ومبدأ النسبية العامة فمعادلات نظرية النسبية تنطبق على جميع مجموعات الإسناد أيأ كانت حالتها من الحركة .

## الفصل الثاني والعشرون

### استنتاجات قليلة من مبدأ النسبية العامة

لقد رأينا في الفصل العشرين كيف أن مبدأ النسبية العامة يضعنا في موقف نستطيع معه أن نشق صفات المجال الجاذبي بطريقة نظرية محضة . ولنفرض مثلاً أننا نعرف كيفية حدوث عملية طبيعية ما ، زماناً ومكاناً في حيز جاليلي بالنسبة إلى مجموعة إسناد جاليلية م . إننا نستطيع بطريقة نظرية محضة ( أى بمجرد الحساب ) أن نحدد كيف تبدو نفس هذه العملية الطبيعية بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م التي تتحرك بعجلة بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م . وحيث إنه يوجد بالنسبة لهذه المجموعة الجديدة م مجال جاذبي فإننا نستطيع أيضاً على ذلك أن نحدد أثر هذا المجال على العملية موضوع الدراسة .

هـب أننا نعلم أن جسماً يتحرك بحركة منتظمة في خط مستقيم بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م ( تبعاً لقانون جاليليو ) فإنه يتحرك بعجلة في خط منحني بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م التي تتحرك بعجلة ( القفص ) وهذه العجلة أو الانحناء تقابل تأثير المجال الجاذبي في م على الجسم المتحرك ومن المعروف أن مجال الجذب يؤثر على حركة الأجسام بهذا الشكل وعلى ذلك تكون هذه الأفكار لا جديد فيها .

ولسكننا إذا طبقنا مثل هذه الأفكار على شعاع الضوء حصلنا على نتائج جديدة على قدر أساسي من الأهمية فمثل هذا الشعاع ينتقل بالنسبة إلى مجموعة الإسناد الجاليلية م بالسرعة ح في خط مستقيم ومن المهل أن نرى

أن مسار نفس الشعاع لا يصبح خطأ مستقيماً بالنسبة إلى مجموعة الإسنادم التي تتحرك بعجلة . ومن هذا نستخلص الآتي : « تنتشر أشعة الضوء بوجه عام في خطوط منحنية في المجال الجاذبي » . ولهذا النتيجة وجهان على جانب كبير من الأهمية :

أولاً : أنه يمكن التحقق منها عملياً على الرغم من أن الدراسة النظرية التفصيلية أظهرت أن انحناء الضوء الذي تستوجبه أو تكشف عنه نظرية النسبية ضئيل جداً بالنسبة إلى مجالات الجاذبية التي في متناول أيدينا عملياً . ولكن مقدار انحناء الشعاع الذي يمر ملامساً للشمس يبلغ ١.٧ ثانية من القوس وهذا يمكن الاستدلال عليه بالطريقة التالية : بعض النجوم الثابتة تبدو لمن يرصدها من فوق الأرض في مجاورة الشمس ، وعلى ذلك يمكن رصدها في أثناء الكسوف الكلي للشمس وفي مثل هذه الفترات يجب أن تبدو هذه النجوم كأنها بعدت عن الشمس بالقدر السابق ذكره بالمقارنة مع موضعها الظاهري حينما تكون الشمس في مكان آخر من السماء ، والتحقق من صحة أو خطأ هذا الاستنتاج مسألة على جانب كبير من الأهمية وحلها العاجل منوط بالفلكيين (١) .

ثانياً : تثبت هذه النتيجة أنه تبعاً للنظرية العامة للنسبية لا يمكن أن تكون صحة قانون ثبوت سرعة انتشار الضوء في الفراغ ( وهو أحد الفرضين الأساسيين في نظرية النسبية الخاصة والذي رجعنا إليه مراراً ) بلا حدود . لأن انحناء أشعة الضوء لا يمكن أن يحدث إلا إذا تغيرت سرعة انتشاره مع موقعه . والآن قد نتوهم أنه تبعاً لذلك تكون نظرية النسبية الخاصة ومعها نظرية النسبية بأكملها قد تمرغت في التراب مع أن هذا في

---

١ - لقد ثبت انحراف الضوء بالقدر الذي تحدده النظرية بوساطة تصوير النجوم الذي قامت به بعثة أرسلتها الجمعية الملكية والجمعية الملكية للفلك أثناء كسوف الشمس في ٢٩/٥/١٩١٩ ( انظر الملحق الثالث )

الواقع ليس صحيحاً . إنه لا يثبت إلا أن صحة النسبية الخاصة محدودة الأفق وأن نتائجها صحيحة فيما يتعلق بالظواهر التي يمكن أن نهمل أثر المجال الجاذبي فيها وحدها ( أى الضوء ) .

لما كان كثير من المعارضين للنظرية النسبية يحتجون بأن نظرية النسبية العامة تتعارض مع نظرية النسبية الخاصة فإنه من المفيد لتوضيح حقائق هذا الموضوع أن نضرب لذلك مثلاً مناسباً . لقد كنا قبل تقدم الديناميكا الكهربية ننظر إلى قوانين الكهرباء والإستاتيكية على أنها قوانين الكهرباء عموماً ولكننا الآن نعلم جميعاً أن المجالات الكهربائية يمكن اشتقاقها اشتقاقاً صحيحاً من الاعتبارات الإستاتيكية في حالة واحدة فقط وهي حالة لا تتحقق أبداً تماماً وهي تلك التي تكون الكتل الكهربائية فيها ساكنة تماماً بالنسبة إلى بعضها البعض وبالنسبة إلى مجموعة الإسناد، فهل نكون على حق إذا قلنا استناداً إلى هذا إن معادلات المجالات في الديناميكا الكهربية لما كسويل تتعارض مع الإستاتيكا الكهربائية...؟ طبعاً لا لأن الإستاتيكا الكهربائية حالة خاصة من الديناميكا الكهربائية، فقوانين الأخيرة تؤدي إلى قوانين الأولى في حالة عدم تغير المجالات مع الزمن .

وليس هناك لاية نظرية فيزيائية مصير أسعد من أن تصبح هي نفسها لبنة في بناء نظرية أوسع منها تعيش هي فيها بحالة محدودة خاصة .

وفي مثل انتقال الضوء الذي سقناه رأينا أن نظرية النسبية العامة تمكنا من أن نشق نظرياً أثر مجال الجاذبية على العمليات الطبيعية التي نعرف قوانينها في حالة عدم وجود مجال الجاذبية مقدماً . ولكن المشكلة التي تلفت النظر أكثر من غيرها والتي تهدينا نظرية النسبية العامة إلى مفتاح حلها هي المشكلة التي تتعلق بالبحث عن القوانين التي يخضع لها مجال الجاذبية نفسه . ودعنا الآن نتأمل ذلك لحظة .

إننا على علم تام بمناطق الزمان - مكان التي تخضع بصفة تقريرية للطريقة



الجاليلية متى اخترنا مجموعة الإسناد المناسبة . وهذه هي النواحي التي تختفى فيها المجالات الجاذبية . فإذا أسندنا الآن ناحية منها إلى مجموعة الإسناد م التي تتحرك بأى نوع من الحركة فإنه ينشأ عن ذلك بالنسبة إلى م مجال للجاذبية يتغير بتغير الزمان والمكان " وطاقع هذا المجال سيتوقف طبعاً على الحركة التي تختارها للمجموعة م . وتبعاً لنظرية النسبية العامة يجب أن ينطبق القانون العام للمجالات الجاذبية على كل المجالات التي نحصل عليها بهذه الطريقة . وعلى الرغم من أنه ليس هناك وسيلة للحصول على كل المجالات الجاذبية بهذا الشكل يجب مع ذلك أن تتمكنك بأمل استخلاص قانون الجذب العام من مثل مجال الجاذبية هذا . ولقد تحقق هذا الأمل على أكمل وجه ولكن كان علينا مقدماً أن نتغلب على مشكلة كبرى تتصل بأعمق طبائع الأشياء وإني لا أستطيع أن أخفيها عن القارىء أكثر من هذا . إننا في أمس الحاجة إلى أن نوسع دائرة أفكارنا عن المتصل الزمكاني إلى مدى أبعد مما بلغناه حتى الآن .

---

١ - ان هذا ناتج من تعميم الفكرة التي نوقشت في الفصل العشرين .

## الفصل الثالث والعشرون

سلوك الساعات وقضبان القياس على مجموعة إسناد تدور

لقد تجنبت عامداً حتى الآن الكلام عن التفسير الفيزيائي لمدلولات الزمان والمكان في حالة نظرية النسبية العامة وعلى ذلك فإنني مستول عن هذا التقصير خصوصاً والأمر الذي نحن بصدده كما تعلمنا نظرية النسبية الخاصة أشد ما يكون عمقاً وأهمية ولقد آن الأوان لكي نصحح هذا الخطأ ونستكمل هذا النقص ، وأبادر بالقول إن هذا لن يكون بالأمر الهين بالنسبة إلى القارىء إذ سيتطلب منه صبراً جميلاً وتأملاً عميقاً وقدرة فائقة على التجريد .

ولنبداً مرة أخرى من مجالات خاصة طالما لجأنا إليها من قبل . دعنا نتخيل حيزاً من الزمان — مكان ليس به مجال جاذبي بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م التي اخترنا لها حالة مناسبة من الحركة . وفي هذه الحالة تكون م مجموعة إسناد جاليلية بالنسبة إلى هذا الحيز تنطبق عليها نتائج نظرية النسبية الخاصة . والآن دعنا نتخيل نفس هذا الحيز وقد أسندناه إلى مجموعة إسناد أخرى م' تدور بانتظام بالنسبة إلى المجموعة م ، ولكي نحدد أفكارنا ونوضحها دعنا نتخيل م' على شكل قرص مستو يدور في مستواه حول مركزه . فإذا كان هناك راصد على حافة هذا القرص فإنه سوف يحس بتأثير قوة طاردة في اتجاه نصف قطر القرص قد يفسرها راصد كان في حالة السكون بالنسبة إلى مجموعة الإسناد م على أنها من تأثير القصور الذاتي ( قوة الطرد المركزية ) ولكن الراصد الذي على القرص قد يعتبر هذا القرص مجموعة إسناد ساكنة ، وهو على أساس مبدأ النسبية العامة لا تنقصه المبررات ليفعل ذلك وتكون القوة التي تؤثر

عليه وعلى كل الأجسام الأخرى الساكنة بالنسبة إلى القرص راجعة في  
اعتباره إلى تأثير مجال جاذبي . ومع ذلك فإن التوزيع المكاني ( في المكان )  
لهذا المجال الجاذبي من نوع يستحيل تحقيقه على أساس نظرية نيوتن  
للجاذبية<sup>(1)</sup> ولكن هذا لا يزعم الراصد الذي يؤمن ويتمسك بنظرية  
النسبية العامة فهو مصيب حينما يعتقد أنه من الممكن صياغة قانون عام  
للجاذبية لا يفسر فحسب حركات النجوم تفسيراً سليماً بل يفسر أيضاً مجال  
القوة التي يتعرض لها في هذه التجربة .

ويجري الراصد تجاربه على قرصه الدائري مستعملاً الساعات وقضبان  
القياس وهو حين يفعل ذلك يهدف إلى أن يصل إلى تعاريف مضبوطة بمعنى  
مدلولات الزمان والمكان بالنسبة إلى القرص الدائري م . على أساس  
ملاحظاته فما عساه فاعل في هذا المضمار . . . ؟

إنه أولاً سيضع ساعتين متماثلتين في التركيب واحدة عند مركز القرص  
والأخرى عند حافته بحيث تكونان ساكنتين بالنسبة للقرص . ونحن الآن  
نتساءل هل ستجري الساعتان بمعدل واحد من وجهة نظر ( أي بالنسبة إلى  
الراصد على ) مجموعة الإسناد الجاليلية التي لا تدور م . . . ؟ إننا نجد أنه  
بالنسبة إلى هذا المرجع ستكون الساعة التي في المركز ثابتة لاسرعة لها بينما  
تكون الساعة التي على الحافة متحركة تبعاً لدوران القرص . وتبعاً لنتيجة  
حصلنا عليها في الفصل الثاني عشر نجد أن الساعة الأخيرة ستكون أبطأ  
بصفة دائمة من الساعة التي عند مركز القرص الدائري كما يراها الراصد على م ،  
وواضح أن راصداً على القرص بجانب الساعة التي عند المركز سيرى نفس  
الشيء . وهكذا ستكون الساعة على قرصنا الدائري أو في كل مجال جاذبي —

---

١ - ان المجال يختفي عند مركز القرص ويزيد زيادة مضطربة متناسب  
مع البعد عن المركز كلما تقدمنا الى الخارج .

وذلك لجعل الحالة أكثر شمولاً . - أسرع أو أقل إسرائاً تبعاً للموضع الذى توضع فيه الساعة ( فى حالة السكون ) . ولهذا السبب يستحيل علينا أن نحصل على تعريف معقول للزمن بوساطة ساعات ضبطت وهى فى حالة السكون لمجموعة الإسناد . وتواجهنا صعوبة مماثلة عندما نحاول أن نطبق تعريفنا السابق للآنية فى مثل هذه الحالة . ولكنى لست أريد أن أخوض فى هذا الموضوع إلى أبعد من هذا .

وفوق ذلك يثير أماننا - فى هذا الطور - تعريف إحداثيات المكان أيضاً صعوبات لا يمكن التغلب عليها . فإذا طبق الراصد قضبان قياسه العيارية ( قضيب قياس قصير إذا قورن بنصف قطر القرص ) عماسة لحافة القرص فإن طول هذا القضيب بالنسبة إلى راصد على مجموعة الإسناد الجاليلية سيكون أقل من الواحد الصحيح لأن الأجسام المتحركة تعاني - تبعاً للفصل الثانى عشر - قصراً فى اتجاه الحركة . ومن الناحية الأخرى لا يعاني قضيب القياس قصراً فى طوله كما يبدو من م إذا طبق على القرص فى اتجاه نصف قطره . وإذا قاس الراصد أولاً محيط القرص بقضيب قياسه ثم قاس قطره فإنه إذا قسم نتيجة القياس الواحدة على الأخرى لن يحصل كخارج للقسمة على العدد المعتاد  $\pi = 3,14$  بل على عدد أكبر (1) بينما يكون ناتج هذه العملية تبعاً بالنسبة إلى قرص ساكن بالنسبة إلى م هو  $\pi$  بالضبط وهذا يثبت أن قضايا هندسة إقليدس لا تنطبق تماماً على القرص الدائر ولا على المجال الجاذبى بصفة عامة على الأقل إذا اعتبرنا طول قضيب القياس هو الواحد الصحيح فى كل الأوضاع والاتجاهات . ومن هذا تفقد فكرة الخط المستقيم أيضاً معناها . ولسنا على ذلك فى وضع نستطيع معه أن

---

١ - علينا ان نستعمل خلال هذا البحث مجموعة الاسناد الجاليلية غير الدوارة لاننا لا نستطيع التسليم الا بصحة نتائج نظرية النسبية الخاصة بالنسبة الى م ( فبالنسبة الى م يسود المجال الجاذبى ) .

نعرف بدقة الإحداثيات س . ص . سه بالنسبة للقرص بواسطة الطريقة التي اتبعناها في أثناء دراسة نظرية النسبية الخاصة وطالما كنا لانستطيع تحديد إحداثيات أمكنة وأزمنة الحوادث فإننا بالتالي لانستطيع أن نعطي معنى دقيقاً للقوانين الطبيعية التي تذكر فيها هذه الإحداثيات .

وهكذا تبدو كل استنتاجاتنا السابقة القائمة على النسبية العامة موضع تساؤل ومرجع هذا في الحقيقة إننا أصبحنا في أمس حاجة إلى الالتجاء إلى حركة التفاف بارعة حتى نستطيع أن نطبق مبدأ النسبية العامة تطبيقاً صحيحاً وسأعد القارئ بذلك في الفصول التالية .

## الفصل الرابع والعشرون

### المتصل الإقليدي واللاإقليدي

تخيل أيها القارئ العزيز أن سطح مائدة رخامية قد بسط أمامنا . إننا نستطيع أن نتنقل من أية نقطة على هذه المائدة إلى أية نقطة أخرى عليها بأن نتسلل باستمرار من نقطة إلى نقطة « مجاورة » ، ونستطيع تكرار هذه العملية ما شئنا . وبعبارة أخرى نقول إننا نستطيع الانتقال دون أن نقوم بأية « قفزات » ، وإننا واثق أن القارئ يقدر بوضوح تام ما أقصده هنا بلفظي « مجاورة » ، و « قفزات » ، ما لم يكن متعنتاً فوق ما ينبغي . ونحن نعبّر عن هذه الخاصية للسطح بأن نصفه بأنه متصل .

دعنا نتخيل الآن أن لدينا عدداً كبيراً من القضبان الصغيرة متساوية الطول وأن طولها صغير بالمقارنة بأبعاد قطعة الرخام ، وأعني حينما أقول متساوية الطول أننا إذا طبقناها الواحد على الآخر تقابلت كل أطرافها تماماً . ثم دعنا ندع أربعة من هذه القضبان على المائدة الرخامية بحيث تكون فيما بينها شكلاً رباعياً ( مربعاً ) قطراه متساويان طولاً . ولكي نتأكد من تساوي القطرين نستعمل قضيب اختبار قصيراً . ثم دعنا نضيف إلى هذا المربع مربعات متشابهة كل منها يشترك مع المربع الأول في قضيب . ثم نوالى القيام بهذه العملية مع كل المربعات حتى تغطي أخيراً كل القطعة الرخامية تماماً بالمربعات وهذا الترتيب يجعل كل جانب من أي مربع مشتركاً بين مربعين وكل ركن مشتركاً بين أربعة مربعات .

وسيكون مدعاة للعجب حقاً أن نستطيع الاستمرار في هذه العملية

دون . ن تكتنفنا الصعاب وما علينا إلا أن نفكر فيما يلي : إذا تقابلت في  
أية لحظة ثلاثة مربعات في ركن فإن جانبيين من المربع الرابع يكونا قد  
وضعا ويكون تبعاً لذلك وضع الجانبين الآخرين قد تحدد تماماً ، ولكنني  
الآن لم أعد قادراً على ضبط الشكل الرباعي بحيث يمكن أن يتساوى قطراه  
فإذا جاء متساويين تلقائياً فهذه منحة خاصة تهيئها خواص المائدة الرخامية  
وقضبان القياس لأملك حياها إلا الدهشة شاكرآ ، ولا بد لنا من كثير من  
أمثال هذه المفاجئات إذا كان لا بد من نجاح التركيب .

وإذا مر كل شيء بسلام فإني يحق لي أن أقول عند ذلك إن نقط المائدة  
الرخامية متصل إقليدي بالنسبة إلى قضبان القياس التي استعملت « كسافة »  
(قوة - خطية) وإني إذا أخذت ركناً من مربع واعتبرته « أصلاً » أو نقطة  
إبتداء فإني أستطيع أن أصف وصفاً تحديدياً كل ركن آخر لأي مربع  
ما بالنسبة إلى هذا الأصل بوساطة عددين ، فما على إلا أن أذكر عدد القضبان  
التي يجب أن أمر فوقها ابتداء من الأصل أولاً يميناً ثم إلى أعلا بعد ذلك  
حتى أصل إلى الركن موضع الاعتبار . وهذان العددان يكونان عند ذلك  
« الإحداثيين الكارتيين » لهذا الركن بالنسبة إلى « مجموعة الإسناد  
الكارتيية » التي يحددها ترتيب قضبان القياس .

ونحن إذا حورنا هذه التجربة المجردة التحوير التالي اهتدينا إلى أنه لا بد  
هناك حالات لا تنتهي فيها التجربة بالنجاح . سوف نتصور أن القضبان  
تتمدد بمقدار يتناسب مع زيادة درجة حرارتها ثم نسخن وسط المائدة  
الرخامية دون أطرافها في هذه الحالة يمكن أن يظل قضبان من قضبان  
القياس متطابقين في كل موضع على المائدة ولكن التركيب الذي أنشأناه  
من المربعات لا بد وأن يضطرب في أثناء التسخين لأن القضبان التي على وسط  
المائدة تتمدد بينما تظل تلك التي على الأطراف بلا تمدد .

وبالنسبة إلى قضبان القياس التي اعتبرناها - وحدة الأطوال - لا تعود  
المائدة الرخامية متصلاً إقليدياً ولا نعود نحن أيضاً في وضع نستطيع معه  
محدد الإحداثيات الكارتيية مباشرة بوساطتها ، ولكنه لما كان هناك  
أجسام أخرى لا تؤثر عليها درجة حرارة المائدة على نحو ما أثرت على

قضبان القياس ( وربما لا تتأثر إطلاقاً ) لذلك قد يكون ممكناً أن نتمسك  
بوجهة النظر التي تعتبر المائدة « متصلاً إقليدياً » ، ويمكننا الوصول إلى هذا  
وبطريقة مرضية لو أننا أجرينا تعويضاً بارعاً في عملية قياس أو  
مقارنة الأطوال .

ولكن إذا كانت القضبان من جميع الأنواع ( أي من جميع الأجسام )  
تسلك جميعها على قطعة الرخام متفاوتة التسخين فيما يتعلق بتأثير الحرارة  
عليها نفس السلوك ، وإذا لم يكن لدينا أية وسيلة لبيان تأثير الحرارة غير  
السلوك الهندسي لقضبان القياس في التجارب المماثلة للتجربة التي تقدم  
وصفها فإن الخطة المثلى لدراسة سطح المائدة هي أن نطلق اسم « المسافة  
واحد » ، على نقطتين على السطح ما دام يمكن أن نجعل نهايتي قضيب من  
قضبان القياس تنطبقان على هاتين النقطتين لأنه ليس أمامنا وسيلة أخرى  
حتى نتفادى أن تكون العملية تعسفية إلى أبعد مدى . وعلى ذلك يجب  
أن نسقط طريقة الإحداثيات الكارتيزية وأن نبحث عن طريقة أخرى  
لا تفترض صحة هندسة إقليدس بالنسبة إلى الأجسام الجاسئة " ولاحظ  
القارئ أن هذا الموقف يناظر الموقف الذي أدى إليه المبدأ العام للنسبية  
في الفصل الثالث والعشرين .

---

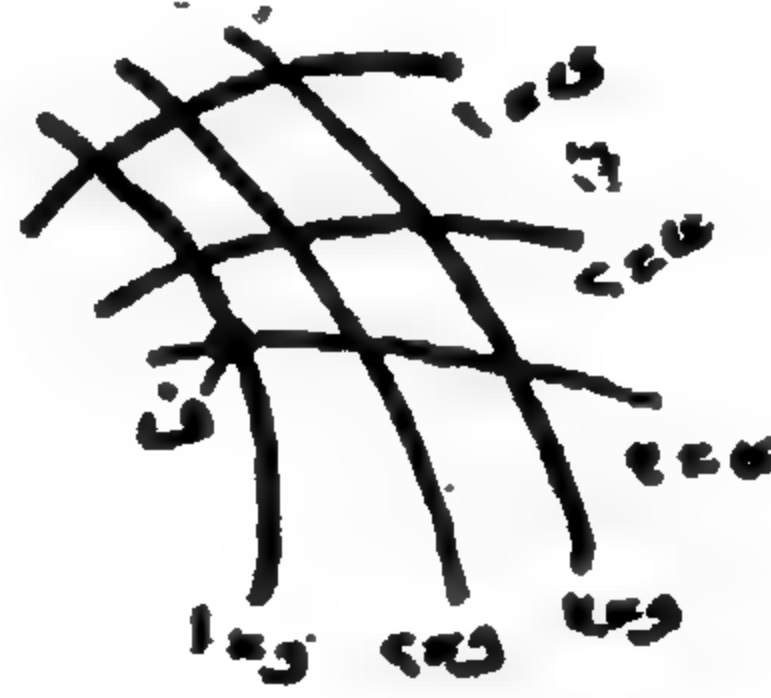
١ - الوضع الرياضي لهذه المشكلة هو : إذا كان لدينا مسطح ما  
( يضاوي مثلاً ) في فضاء إقليدي ثلاثي الأبعاد فإنه يوجد لهذا السطح  
هندسة ثنائية الأبعاد كما يوجد بالنسبة للمستوى . ولقد قام جاوس  
بمعالجة هذه الهندسة الثنائية الأبعاد من المبادئ الأولى دون أن يلجأ إلى  
حقيقة كون السطح يتعلق بمتصل إقليدي ثلاثي الأبعاد فإذا تخيلنا أننا  
نفيم انشاءات بوساطة قضبان جاسئة في السطح ( مشابهة لتلك التي  
اقمناها في السطح الرخامي ) فأننا نجد أن القوانين التي تنطبق على هذه  
الانشاءات تختلف عن القوانين التي تؤدي إليها هندسة إقليدس المستوية  
فليس السطح متصلاً إقليدياً بالنسبة إلى قضبان القياس ولا نستطيع  
تعيين الإحداثيات الكارتيزية في السطح . ولقد أوضح جاوس المبادئ  
التي يمكن تبعاً لها معالجة العلاقات الهندسية على السطح وهكذا أوضح  
معالم الطريق إلى طريقة ريمان في معالجة المتصلات اللا إقليدية متعددة  
الأبعاد . وهكذا كان الرياضيون هم الذين حلوا منذ أمد بعيد المشكلات  
الشكلية التي يقودنا إليها مبدأ النسبية العامة .



## الفصل الخامس والعشرون

### إحداثيات جاوس

يرى جاوس أن الوسيلة التي تجمع بين التحليل والهندسة والتي تصلح لعلاج المشكلة يمكن بلوغها على النحو الآتي : لذلك نتخيل مجموعة من المنحنيات الاختيارية ( انظر الشكل ٤ ) رسمت على سطح المائدة ونسميها المنحنيات ( ي ) ونشير إلى كل منها بعدد وقد رسمنا في الشكل التوضيحي المنحنيات  $ي = ١$   $ي = ٢$   $ي = ٣$  ، ويجب أن نتخيل بين المنحنيين



( شكل ٤ )

$ي = ١$   $ي = ٢$  عدداً لانهايتاً من المنحنيات مرسوماً ، وجميعها تناظر الأعداد الحقيقية الواقعة بين  $٢$   $١$  وبذلك نحصل على نظام من المنحنيات  $ي$  . وهذا النظام المتناهي الكثافة يغطي سطح المائدة كله وهذه المنحنيات  $ي$  يجب أن لا تتقاطع مع بعضها البعض ، ويجب ألا يمر بالنقطة الواحدة من السطح الا منحني واحد وواحد فقط . وهكذا يكون لكل نقطة على السطح قيمة  $ي$  محددة تماماً . وبالمثل يمكن أن نتخيل نظاماً من المنحنيات ( و ) مرسوماً على السطح وهو يخضع لجميع شروط المنحنيات  $ي$  فهو مزود بأعداد بطريقة مماثلة ويمكن أيضاً أن يكون شكله اختيارياً . ويتبع ذلك أن يكون لكل نقطة على سطح المائدة قيمة  $( ي )$  وقيمة  $( و )$  ويسمى هذان العددان

إحداثي سطح المائدة ( الإحداثيان الجاوسيان ) فالنقطة ف مثلا في الشكل  
التوضيحي لها الإحداثيان  $y = 3$  و  $x = 1$  ، وتقابل النقطتان المتجاورتان  
ف ف على السطح الإحداثيات :

ف :  $y = 6$  و

ف :  $y = 6$  و  $x = 6$  و

حيث يعني  $y = 6$  و  $x = 6$  عددين صغيرين جداً . و بنفس الطريقة نستطيع  
أن نشير إلى المسافة ( الفترة - الخطية ) بين ف ف مقيسة بقضيب  
القياس بواسطة العدد الصغير جداً  $\epsilon$  و قد وجد جاوس أن :

$$\epsilon^2 = l_{11}^2 y^2 + 2 l_{12} x y + l_{22} x^2$$

حيث  $l_{11}$  ،  $l_{12}$  ،  $l_{22}$  مقادير تعتمد بطريقة محددة جداً على  $y$  ، و  
والمقادير  $l_{11}$  ،  $l_{12}$  ،  $l_{22}$  تحدد سلوك القضبان بالنسبة للمنحنيات (  $y$  )  
و المنحنيات (  $x$  ) وبالتالي بالنسبة لسطح المائدة أيضاً . وفي الحالة التي تكون  
فيها نقط السطح محل الاعتبار متصلاً إقليدياً بالنسبة إلى قضبان القياس  
يمكن رسم المنحنيات  $y$  ، المنحنيات  $x$  و وربط أعداد بالنسبة لها وفق المعادلة :

$$\epsilon^2 = l_{11}^2 y^2 + l_{22} x^2$$

وبهذه الشروط تكون المنحنيات  $y$  و  $x$  خطوطاً مستقيمة بالمعنى  
الإقليدي وتكون متعامدة مع بعضها البعض ، وتكون إحداثيات جاوس هنا  
إحداثيات كارتيزية بكل بساطة . ومن الواضح أن إحداثيات جاوس ليست  
أكثر من ارتباط مجموعتين من الأعداد مع نقط السطح موضع الاعتبار  
بحيث تكون القيم العددية التي تختلف فيما بينها اختلافاً ضئيلاً مرتبطة  
بالنقط المتجاورة « في المكان » .

وحتى الآن كنا نطبق هذه الأفكار على متصل ثنائي الأبعاد ولكن  
طريقة جاوس هذه يمكن أن تطبق بسهولة على متصل ثلاثي الأبعاد أو رباعيها

أو حتى أكثر من ذلك فإذا كان يمكننا الحصول على متصل رباعي الأبعاد فإننا يمكن أن نصوره بالطريقة الآتية : نربط بطريقة اختيارية كل نقطة من نقط هذا المتصل بأربعة أعداد  $s_1, s_2, s_3, s_4$  وتعرف بالإحداثيات ويقابل النقط المتجاورة قيم متقاربة للإحداثيات فإذا كانت المسافة  $s$  مرتبطة بالنقطتين المتجاورتين  $F$  و  $F'$  وهي قابلة للقياس والتحديد فربما فإن المعادلة التالية تكون صحيحة :

$$s^2 = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + s_4^2 + \dots + s_n^2$$

حيث تكون المقادير  $s_1, s_2, s_3, s_4, \dots, s_n$  إلخ قيماً تتغير مع الموقع في المتصل . ولا يمكن أن نربط الإحداثيات  $s_1, s_2, \dots, s_n$  مع نقط المتصل بحيث يصبح لدينا ببساطة :

$$s^2 = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + s_4^2 + \dots + s_n^2$$

إلا إذا كان المتصل إقليدياً . وفي هذه الحالة تظل العلاقات في المتصل الرباعي قائمة على النحو الذي تقوم عليه في قياساتنا الثلاثية الأبعاد .

ومع ذلك فليست معالجة جاوس للبقدر  $s^2$  التي أوضحناها عالية ممكنة دائماً إذ يقتصر ذلك على الحالات التي نضع فيها موضع الاعتبار مناطق من المتصل صغيرة بدرجة تكفي لاعتبارها متصلات إقليدية . وهذا مثل ينطبق بوضوح على حالة المائدة الرخامية ذات التغير المحلي لدرجة الحرارة ( متفاوتة التسخين ) فإن درجة الحرارة ثابتة عملياً بالنسبة إلى جزء صغير من المائدة ، وهكذا يكون السلوك الهندسي لقضبان القياس تقريباً كما يجب أن يكون وفق قواعد هندسة إقليدس ، ومن هنا نرى لماذا كان الخلل في إنشاء المربعات في الفصل السابق لا يتضح جلياً إلا إذا امتد هذا الإنشاء فوق جزء كبير من سطح المائدة .

يمكننا أن نلخص ما تقدم فيما يلي : لقد اخترع جاوس طريقة نستطيع

بها معالجة المتصلات عموماً علاجاً رياضياً وهذه الطريقة تحدد علاقات الحجم أو الكمية ( المسافات ، بين النقط المتجاورة ) بأن تختص كل نقطة في المتصل بعدد من الأعداد يساوي ماله من الأبعاد ويتم ذلك بشكل يجعل للنخضة معنى واحداً ويجعل الأعداد ( الإحداثيات الجاوسية ) التي تختص لنقط متجاورة تختلف فيما بينها بمقادير متناهية في الصغر . ومجموعة الإحداثيات الجاوسية تعميم منطقي لمجموعة الإحداثيات الكارتيزية ويمكن تطبيقها أيضاً على المتصلات اللا إقليدية وذلك فقط عندما تسلك — من حيث الحجم أو المسافة المحددان — الأجزاء الصغيرة من المتصل محل الاعتبار سلوكاً يشبه تقريباً النظام الإقليدي . وذلك كلما صغر الجزء من المتصل الذي نطبقها عليه .

## الفصل السادس والعشرون

### المتصل الزمان والمكان فى نظرية النسبية الخاصة

#### على اعتبار أنه متصل إقليدى

إننا الآن فى وضع نستطيع معه أن نصوغ فكرة منكوفسكى التى أشرنا إليها مجرد إشارة عابرة فى الفصل السابع عشر بدقة أتم . لقد رأينا أنه تبعاً لنظرية النسبية الخاصة تفضّلُ بعض مجموعات الإسناد من حيث الملاءمة لوصف المتصل الزمان والمكان الرباعى الأبعاد غيرها . ولقد سمينا هذه المجموعات المفضلة بمجموعات إسناد جاليلية . ولقد أوضحنا فى الجزء الأول من هذا الكتاب تفصيلاً التعريف الفزيائى للإحداثيات الأربعة  $s, x, y, z$  التى تحدد الحادثة أو بعبارة أخرى النقطة فى المتصل رباعى الأبعاد . وفى حالة الانتقال من مجموعة إسناد جاليلية إلى أخرى تتحرك بحركة منتظمة بالنسبة للأولى تنطبق معادلات تحويل لورنتز . وهذه المعادلات هى الأساس الذى يرتكز عليه اشتقاق الاستنتاجات من نظرية النسبية الخاصة . وهى فى حد ذاتها ( أى المعادلات ) ليست إلا التعبير عن صحة قانون انتشار الضوء بالنسبة إلى مجموعات الإسناد الجاليلية .

ولقد وجد منكوفسكى أن تحويلات لورنتز تحقق الشروط البسيطة الآتية : دعنا نتخيل حادثتين متجاورتين يحدد مكانهما النسبى فى المتصل رباعى الأبعاد بالنسبة إلى مجموعة الإسناد الجاليلية  $M$  الفروق المكانية الإحداثية  $s, x, y, z$  والفروق الزمانى  $t, z$  ، وسنقرض أن الفروق المقابلة لهاتين الحادثتين بالنسبة إلى مجموعة إسناد جاليلية أخرى  $s', x', y', z', t'$

و ص ٦ و س ٦ و ز ٦ فإنه في هذه الحالة تحقق هذه المقادير دائماً الشرط التالي (١) :

$$س١ + ص١ + و١ - ز١ = س٢ + ص٢ + و٢ - ز٢$$

وصحة تحويل لورنتز مرتبة على هذا الشرط ونستطيع أن نعتبر عن ذلك كما يلي : - المقدار

$$و١ - ز١ = س١ + ص١ + و١ - ز١$$

وهو يتعلق بنقطتين متجاورتين من نقط المتصل الزماني المكاني رباعي الأبعاد له نفس القيمة بالنسبة إلى كل مجموعات الإسناد المختارة (الجاليلية) وإذا استبدلنا بالمقادير  $ص١$   $و١$   $ز١$  بـ  $ص٢$   $و٢$   $ز٢$

المقادير من  $ص١$   $و١$   $ز١$  نحصل أيضاً على :

$$و١ - ز١ = س١ + ص١ + و١ - ز١$$

مستقلة عن اختيار مجموعة الإسناد (أى أياً كانت مجموعة الإسناد) ونسمى المقدار  $و١ - ز١$  « المسافة » التي تفصل بين الحادثتين أو النقطتين رباعيتي الأبعاد .

وهكذا نجد أننا إذا اخترنا كمتغير للزمن المتغير الخيالي  $و١ - ز١$  بدلاً من الكمية الحقيقية  $ز١$  فإننا نستطيع أن نعتبر المتصل الزماني - المكاني المتفق مع نظرية النسبية الخاصة متصلاً إقليدياً رباعياً الأبعاد وهذه هي النتيجة التي تؤدي إليها اعتبارات الفصل السابق .

١ - انظر الملحق ١ ، ٢ فالعلاقات التي اشتقت هناك للاحداثيات نفسها صحيحة أيضاً لفروق الاحداثيات وكذلك أيضاً لتفاضلات الاحداثيات ( الفروق المتناهية الصغر ) .

## الفصل السابع والعشرون

### المتصل الزماني المكاني الخاص بالنظرية النسبية العامة

#### ليس متصلاً إقليدياً

استطعنا في الجزء الأول من هذا الكتاب أن نستعمل إحدائيات زمكانية كان من الممكن تفسيرها تفسيراً فزيائياً بسيطاً مباشراً وكان من الممكن اعتبارها كما وضع في الفصل السادس والعشرين إحدائيات كارتيزية رباعية الأبعاد . وكان هذا ممكناً استناداً إلى قانون ثبوت سرعة الضوء . ولكننا قد رأينا في الفصل الحادي والعشرين أن نظرية النسبية العامة لا يمكن أن تحتفظ بهذا القانون بل على العكس ظهر أنه تبعاً لهذه النظرية الأخيرة لا بد أن تعتمد سرعة الضوء دائماً على الإحدائيات متى وجد مجال جاذبي . وفي سياق توضيح هذا الأمر في الفصل الثالث والعشرين وحدثنا أن وجود المجال الجاذبي ينطوئ تحديداً لإحدائيات والزمن ذلك التحديد الذي استخدمناه في النظرية النسبية الخاصة .

وتنتيجة لهذه الاعتبارات انتهينا إلى الاقتناع بأن المتصل الزماني المكاني في النظرية النسبية العامة لا يمكن اعتباره متصلاً إقليدياً بل إننا نجد هنا الحالة العامة التي تمثلها المائدة الرخامية في حالة الاختلاف الموضعي في درجة الحرارة ( متفاوتة التسخين ) والتي اعتبرناها متصلاً ثنائياً الأبعاد . وكما كان مستحيلاً هناك بناء مجموعة إحدائيات كارتيزية من قضبان القياس المتساوية فإنه يستحيل هنا أيضاً أن نتخذ مجموعة من الأجسام الجاسئة والساعات ( مجموعة إسناد ) بحيث تكون قضبان القياس والساعات التي

رتبت ترتيباً جاسماً (متناسكاً) بالنسبة إلى بعضها البعض قادرة على تحديد الموقع والزمن مباشرة . ولقد كان هذا هو لب المشكلة التي واجهتنا في الفصل الثالث والعشرين .

ولكن الاعتبار التي استعرضناها في الفصلين الخامس والعشرين والسادس والعشرين ترشدنا إلى طريقه التغلب على هذه الصعوبة . ذلك بأن نسنّد المتصل الزماني للمكاني لرباعي الأبعاد إلى إحداثيات جاوس بطريقة حكيمة ونخص كل نقطة من المتصل (حادثة) بأربعة أعداد  $s_1, s_2, s_3, s_4$  وهي إحداثيات ليس لها أقل معنى فزيائى مباشر بل لمجرد ترقيم نقط المتصل بطريقة محددة ولكنها اختيارية . ولا يستوجب هذا الترتيب حتى أن نعتبر  $s_1, s_2, s_3, s_4$  إحداثيات «مكان» و  $s_5$  إحداثى زمن .

وقد يظن القارىء أن تصوير العالم على هذا النحو تصوير مشوه فما معنى أن نخص حادثة ما بالإحداثيات الخاصة  $s_1, s_2, s_3, s_4$  إذا كانت هذه الإحداثيات في حد ذاتها ليس لها معنى ؟ ولكننا لو تمعنا الموضوع بعناية أكثر لرأينا أنه لا أساس لهذا القلق . فلو تأملنا مثلاً نقطة مادية تتحرك بأية حركة لوجدنا أنه لو كان وجود هذه النقطة لحظياً لا يستمر مع الزمن لا يمكن وصفها وتحديدتها في الزمان - مكان بمجموعة واحدة من القيم  $s_1, s_2, s_3, s_4$  . وهكذا يجب أن يتمثل استمرار وجودها بعدد لا نهائى من مثل هذه المجموعات من القيم التي تكون قيمها الإحداثية أيضاً متقاربة جداً بحيث توحى بالاستمرار . وعلى ذلك يصبح لدينا مقابل كل نقطة مادية خط كوني (أحادى الأبعاد) في المتصل لرباعي الأبعاد . وهكذا تناظر هذه الخطوط في المتصل نقاطاً كثيرة تتحرك والحالة الوحيدة التي تصبح فيها هذه النقط ذات وجود فزيائى هي في الحقيقة حالة تقابلها . وحالة التقابل هذه نعبر عنها رياضياً بأن يكون الخطان اللذان يمثلان حركتي النقطتين موضوع البحث لهما مجموعة خاصة من القيم الإحداثية



س<sub>١</sub> س<sub>٢</sub> س<sub>٣</sub> س<sub>٤</sub> مشتركة بينهما . وإذا تأمل القارىء هذا الأمر ملياً فلا شك أنه سيسلم بأن مثل هذه التقابلات في الحقيقة هي الشاهد الفعلي الوحيد على الجوهر الزمكاني الذي تتضمنه البيانات الفيزيائية .

إننا إذ نصف حركة نقطة مادية بالنسبة إلى مجموعة إسناد لا نذكر شيئاً أكثر من تقابلات هذه النقطة مع نقط خاصة من مجموعة الإسناد . ونستطيع أيضاً أن نحدد القيم الزمانية المناظرة بوساطة رصد تقابلات الجسم مع الساعات مرتبطة مع رصد تقابل عقارب الساعات مع نقط معينة على ميناء تلك الساعات . وهو نفس ما يحدث في حالة قياسات المكان بوساطة قضبان القياس كما يتضح ذلك جيداً لو تأملناه قليلاً ببعض الإمعان .

إن ما يلي صحيح بوجه عام : إن كل وصف فيزيائي يتحلل ذاتياً إلى عدد من النصوص يشير كل منها إلى تطابق زمكاني لحادثتين  $A$  و  $B$  وإذا عبرنا عن كل نص من هذه النصوص بدلالة إحداثيات جاوس نقول إن الإحداثيات الأربعة  $s_1, s_2, s_3, s_4$  لكلا الحادثتين واحدة . وهكذا نحل في الحقيقة بصورة كاملة وصف المتصل الزمكاني بوساطة إحداثيات جاوس محل وصف المتصل بوساطة مجموعات الإسناد ويجنبنا الأول منهما أوجه النقص التي تنطوي عليها الطريقة الثانية فليس مقيداً بضرورة فرض الطابع الإقليدي على المتصل الذي نريد تمثيله .

## الفصل الثامن والعشرون

### التعبير الدقيق عن مبدأ النسبية العام

إننا الآن في وضع يسمح لنا بأن نستبدل بالتعبير المؤقت عن مبدأ النسبية العام الذي قدمناه في الفصل الثامن عشر تعبيراً آخر دقيقاً جداً . لقد كان تعبيرنا عن ذلك المبدأ على هذه الصورة : كل مجموعات الإسناد م، م، م... إلخ متكافئة من حيث وصف الظواهر الطبيعية ( أو صياغة القوانين الطبيعية العامة ) مهما كانت حالتها من الحركة . ولا يمكن الآن الاحتفاظ بهذه الصورة لأن استعمال مجموعات الإسناد الجاسئة على الطريقة التي اتبعت في النظرية النسبية الخاصة لم يعد مستطاعاً بوجه عام لوصف الزمان - مكان فلا بد من استبدالها بمجموعات إحداثيات جاوس . والنص التالي يعبر عن الفكرة الأساسية في مبدأ النسبية العامة . وكل مجموعات إحداثيات جاوس متكافئة من حيث ملاءمتها لصياغة القوانين الطبيعية العامة .

ونستطيع أيضاً أن نضع مبدأ النسبية العامة هذا على نحو جديد آخر يجعله أسهل فهماً حتى عما لو اعتبرناه امتداداً طبيعياً لمبدأ النسبية الخاص . فبقياً لنظرية النسبية الخاصة كانت المعادلات التي تعبر عن القوانين الطبيعية العامة فيما قبل النسبية هي نفس المعادلات النسبية بشرط أن نحل المتغيرات الزمكانية س، ص، ص، ز لمجموعة الإسناد الجديدة م محل المتغيرات الزمكانية س، ص، ص، ز لمجموعة الإسناد الجاليلية م وذلك باستخدام تحويل لورنتز . أما تبعاً لمبدأ النسبية العام من الناحية الأخرى فيجب أن تحتفظ المعادلات بنفس الشكل عندما نطبق البديلات التحكيمية للمتغيرات

الجاوسية  $s_1$  ،  $s_2$  ،  $s_3$  ،  $s_4$  . وذلك لأن كل تحويل ( وليس تحويل لورنتز فقط ) يقابل الانتقال من مجموعة مامن إحداثيات جاوس إلى أخرى .

وإذا أردنا أن نتمسك بنظرتنا القديمة ثلاثية الأبعاد إلى الأشياء فإننا نستطيع أن نصف التجديد أو التقدم الذي تناول الفكرة الأساسية النظرية النسبية العامة على النحو التالي : إن نظرية النسبية الخاصة تتعلق بالحيز الجاليلي أى المناطق التى لا يوجد بها مجال جاذبى وفى هذه الحالة يستخدم كمجموعة إسناد مجموعة جاليلية أى جسم جاسىء . حالته من الحركة مختارة بحيث ينطبق عليها قانون جاليليو لحركة نقطة مادية منعزلة ، أى حركة منتظمة فى خط مستقيم . وبعض الاعتبارات توحى بأننا يحسن بنا أن نرجع أونسند نفس الحيزات الجاليلية إلى مجموعات إسناد لا جاليلية أيضاً وعندئذ نجد مجالاً جاذبياً من نوع خاص بالنسبة إلى هذه المجموعات ( انظر الفصل العشرين والثالث والعشرين ) .

ولكن شيئاً مثل الأجسام الجاسئة ذات الخواص الإقليدية لا وجود له فى المجالات الجاذبية وهكذا لا محل فى نظرية النسبية العامة لمجموعات الإسناد الجاسئة الخيالية هذه . وكذلك حركة الساعات . إنها تتأثر أيضاً بمجال الجاذبية بحيث يصبح تحديد الزمن فزيائياً ويتم مباشرة بوساطة الساعات أقل قبولاً عما كان فى نظرية النسبية الخاصة .

ولهذا السبب نستعمل مجموعات إسناد غير جاسئة لا تتحرك كشكل بأى شكل كان فحسب بل تعاني تغيرات فى الشكل على هواها أثناء حركتها وتستعمل لتحديد الزمن ساعات لا قيد على قانون حركتها فهو كيفما اتفق مهما كان شاذاً ، ويجب علينا أن نتصور كلا من هذه الساعات مثبتة فى نقطة من مجموعة الإسناد غير الجاسئة بشرط واحد فقط هو أن تكون القراءات التى تحددها الساعات المتجاورة فى لحظة واحدة مختلفة عن بعضها البعض بقدر ضئيل جداً ، وهذه المجموعة غير الجاسئة والتي يمكن أن نسميها بحق مجموعة إسناد

رخوية هي في الأصل ما يكفي مجموعة إحدائيات جاوس رباعية الأبعاد التي نختارها بطريقة تحكيمية . إن ما يجعل الرخويات أقرب تصوراً من مجموعة إحدائيات جاوس ، هو ( ولو أنه لا يوجد مبرر حقيقي لذلك ) الأثر الشكلي العالق بأذهانتنا عن الكيان المنفصل لإحدائيات المكان في مواجهة إحدائي الزمن . إن كل نقطة على المجموعة الرخوية تعالج على اعتبارها نقطة مكان وكل نقطة مادية ساكنة بالنسبة لها تعتبر مادماً نعتبر القوقعة الرخوة مجموعة إسناد . ويقضى مبدأ النسبية العامة بأن جميع هذه الرخويات يمكن استخدامها كمجموعة إسناد لها نفس الحقوق ونفس الأهلية في صياغة القوانين العامة للطبيعة . أما القوانين نفسها فيجب أن تكون مستقلة تماماً عن اختيار المجموعة الرخوية .

إن القوة الهائلة التي ينطوي عليها مبدأ النسبية العام تكمن في التحديد الشامل الذي يفرض على قوانين الطبيعة تبعاً لما رأيناه آنفاً .

## الفصل التاسع والعشرون

### حل مشكلة الجاذبية على أساس المبدأ العام للنسبية

أن القارئ الذى استوعب فى أناة وروية كل ما قدمنا من الاعتبارات لن يجد صعوبة ما فى فهم الوسائل المؤدية إلى حل مشكلة الجاذبية .

دعنا نبدأ أولاً بتأمل حيز جاليلى أى حيز خالى من المجال الجاذبى بالنسبة إلى مجموعة الإسناد الجاليلية م . ونحن نعلم من نظرية النسبية الخاصة على أى نحو تسلك قضبان القياس والساعات بالنسبة إلى هذه المجموعة م وهو يشبه سلوك النقطة المادية المعزولة وهذه تتحرك بحركة منتظمة فى خط مستقيم .

ثم دعنا الآن نسند هذا الحيز إلى مجموعة إحداثيات جاوسية أيا كانت أو إلى مجموعة رخوة على اعتبار أنها مجموعة إسناد ولنسمها م . عندئذ يكون هناك بالنسبة إلى م مجال جاذبى ح ( من نوع خاص ) ونستطيع أن نقف على كيفية سلوك قضبان القياس والساعات وكذلك النقط المادية التى تتحرك بلا قيد بالنسبة إلى مجموعة الإسناد وذلك بواسطة التحويل الرياضى ببساطة . ونحن نفسر هذا السلوك بأنه سلوك الساعات وقضبان القياس والنقط المادية تحت تأثير المجال الجاذبى ح . وعند ذلك دعنا نفترض أن أثر المجال الجاذبى على قضبان القياس والساعات والنقط المادية التى تتحرك بحرية يستمر وفقاً لنفس القوانين حتى فى حالة ما إذا كان المجال الجاذبى السائد لا يمكن اشتقاقه من الحالة الجاليلية الخاصة بمجرد تحويل الإحداثيات .

والخطوة التالية لذلك هي أن نبحث السلوك الزمكاني للمجال مع الذي اشتق من الحالة الجاليلية الخاصة بمجرد تحويل الإحداثيات . ويصاغ هذا السلوك في قانون يكون دائماً صحيحاً مهما كان اختيار مجموعة الإحداثيات الزخوة التي يتم الوصف بالنسبة إليها . وليس هذا القانون مع ذلك هو القانون العام للمجال الجاذبي مادام المجال الجاذبي الذي وصفناه هنا موضع الاعتبار من نوع خاص .

ومتي أمكن أن نهتدي إلى القانون العام للمجال الجاذبي يظل واجباً علينا أن نحصل على تعميم للقانون الذي حصلنا عليه آنفاً، ولن يكون هذا بالامر العسير لو أننا وضعنا نصب أعيننا المطالب التالية : —

( أ ) يجب أن يتفق التعميم المطلوب مع الفرض العام للنسبية .

( ب ) إذا كان في الحيز موضوع البحث أية مادة فإن كتلتها القصورية فقط وبالتالي طاقاتها حسب الفصل الخامس عشر هي التي توضع موضع الاعتبار لأنها هي التي يتسبب عنها المجال وهي التي نبعثه .

( ج ) يجب أن يحقق المجال الجاذبي والمادة معاً قانون بقاء الطاقة (والدفع) .

وأخيراً فإن المبدأ العام للنسبية يسمح لنا بأن نحدد أثر المجال الجاذبي على مجرى كل تلك العمليات التي تحدث وفقاً لقوانين معلومة في حالة غياب المجال الجاذبي ، أي تلك التي سبق أن دخلت في إطار نظرية النسبية الخاصة ، ولييان هذا الأثر تتبع من حيث المبدأ نفس الطريقة التي سبق أن شرحناها بالنسبة إلى قضبان القياس والساعات والنقط المادية التي تتحرك بحرية .

ونظرية الجاذبية التي اشتقت بهذه الطريقة من الفرض العام للنسبية لا تبرز غيرها بالنسبة لجمالها ولا من حيث تغلبها على النقص الذي تنطوي

عليه الميكانيكا الكلاسيكية والذي أوضحناه في الفصل الحادي والعشرين ،  
ولا من حيث تفسيرها للقانون التجريبي لتساوي كتلة القصور وكتلة  
الجاذبية فحسب بل لأنها فوق كل هذا قد نجحت في تفسير ظاهرة فلكية  
عجزت عن تفسيرها الميكانيكا الكلاسيكية .

إننا إذا قصرنا تطبيق النظرية على الحالة التي يكون فيها المجال الجاذبي  
ضعيفاً والتي تتحرك فيها الكتل بالنسبة إلى مجموعة الإحداثيات بسرعات  
صغيرة مقارنة لسرعة الضوء فإننا نحصل كتقريب أول على نظرية نيوتن .  
وهكذا نحصل هنا على هذه النظرية دون حاجة إلى أية فروض خاصة في  
حين أن نيوتن اضطر إلى إدخال الفرض الذي يتض على أن التجاذب بين  
نقطتين متجاورتين يتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما . وإذا راعينا  
منتهى الدقة في التقديرات الحسائية ظهرت الانحرافات والفروق مع نظرية  
نيوتن ولو أن هذه الفروق جميعها بما لا يمكن اختباره عملياً نظراً لضآلتها  
المتناهية .

ومع ذلك يجب أن نتوقف قليلاً لتأمل بامعان أحد هذه الفروق ، فتبعاً  
لنظرية نيوتن يتحرك أى كوكب حول الشمس في قطع ناقص يحتفظ دائماً  
بموصعه بالنسبة للنجوم الثابتة لو أننا أهملنا حركة النجوم الثابتة نفسها وتأثير  
الكواكب الأخرى محل الاعتبار . وهكذا إذا صححنا حركة الكواكب  
الظاهرة وفقاً لهذين المؤثرين وإذا كانت نظرية نيوتن صحيحة تماماً وجب  
أن نحصل على قطع ناقص كمدار للكواكب يكون ثابتاً بالنسبة إلى النجوم  
الثابتة . وهذا الاستنتاج الذي يمكن التحقق منه بدقة عظيمة كانت غاية  
ما يمكن بلوغه من الدقة في حينها ، أمكن التحقق منه بالنسبة إلى كل الكواكب  
إلا واحداً هو عطارد أقرب الكواكب إلى الشمس فقد أصبح معروفاً منذ  
أيام لوفر ييه أن المقطع الناقص الذي يمثل مدار عطارد بعد تصحيحه وفقاً  
للمؤثرين آتني الذكر ليس ثابتاً بالنسبة إلى النجوم الثابتة بل إنه يدور

دوراناً بطيئاً جداً في مستوى المدار على مثال الحركة المدارية . وكانت القيمة التي حصلنا عليها لهذه الحركة الدورانية للقطع الناقص المدارى تبلغ ٤٣ ثانية من القوس في القرن وقد تأكد صدق هذا التقدير إلى حدود ثوان قليلة من القوس، ويمكن إيجاد تفسير مقبول لهذا الأثر تبعاً للبيكانيك الكلاسيكية بشرط التسليم بفروض ضعيفة الاحتمال وضعت خصيصاً لهذا الغرض .

ولكنه وجد على أساس نظرية النسبية العامة أن كل القطوع الناقصة التي تدور فيها الكواكب حول الشمس يجب أن تدور بنفس الطريقة آتفة الذكر وأن مقدار هذا الدوران بالنسبة إلى كل الكواكب ما عدا عطارد أصغر من أن يمكن اكتشافه بالوسائل الراهنة ولكنه في حالة عطارد لا بد أن يبلغ ٤٣ ثانية من القوس في القرن وهي نتيجة تتفق أتم اتفاق مع التجربة .

وبخلاف هذا أمكن الوصول إلى استنتاجين آخرين فقط يمكن وضعهما موضع الاختبار ليشهدا لها وهما انحناء أشعة الضوء بواسطة مجال جاذبية الشمس<sup>(١)</sup> وانتقال موضع خطوط الطيف في الضوء الذي يصل إلينا من النجوم الكبيرة بالمقارنة بموضع نفس هذه الخطوط للأضواء التي يمكن إنتاجها بطريقة مشابهة على الأرض ( أى بواسطة نفس الذرة )<sup>(٢)</sup> وقد تأيد هذان الاستنتاجان اللذان استنتجا نظرياً من النظرية النسبية العامة بالبرهان العملي .

---

١ - كان ادنجتون وآخرون أول من رصدوا ذلك في سنة ١٩١٩  
( انظر الملحق ٣ ) .  
٢ - حقق ذلك آدمز سنة ١٩٢٤ ( انظر الملحق ٣ ) .



أجزء الثالث

تأملات في الكون ككل



## الفصل الثالثون

### الصعوبات الكونية في نظرية نيوتن

تنطوي ميكانيكا الأجرام السماوية على مشكلة أساسية أخرى بخلاف المشكلة التي سبق مناقشتها في الفصل الحادي والعشرين . وقد كان الفلكي سيلجر - فيما أعلم - هو أول من تعرض لدراستها بتوسع وتفصيل . وهذه المشكلة هي موضوع الكون ككل وكيف يجب النظر إليه . إن أول ما يتبادر إلى الذهن هو أن الكون من حيث المكان ( والزمان ) لا نهائي فهناك نجوم في كل أجزاء الفضاء بحيث تصبح كثافة المادة ولو أنها شديدة التباين في تفصيلاتها واحدة في المتوسط في كل الفضاء أو بعبارة أخرى فإننا أينما نذهب أو مهما ابتعدنا في تجوالنا في الفضاء سنجد في كل مكان حشوداً مخففة من النجوم الثابتة واحدة النوع والكثافة تقريباً .

ولا تتفق هذه النظرية مع نظرية نيوتن إذ يستوجب هذا أن يكون للكون ما يشبه المركز تبلغ كثافة النجوم فيه أقصاها ثم تأخذ في التناقص كلما ابتعدنا عن المركز إلى أن - وذلك بعد أبعاد شاسعة - تتلاشى ليتلوها فراغ لا نهائي<sup>(١)</sup> . إن الكون النجمي لا بد أن يكون جزيرة منتهية في محيط لا نهائي من الفضاء .

---

١ - البرهان على ذلك : تتناسب تبعاً لنظرية نيوتن خطوط القوى التي تأتي من مالا نهاية وتنتهي في الكتلة ك مع الكتلة ك وإذا كان متوسط كثافة المادة ث في الكون ثابتاً فإن كرة حجمها ح ستحتوي على متوسط كتلة ح ث وهكذا يصبح عدد خطوط القوى التي تمر خلال السطح س - وهو سطح الكرة - إلى داخلها متناسب مع ح ث وهكذا يتناسب عدد خطوط القوى التي تمر من وحدة مساحات سطح الكرة إلى داخلها مع  $(\frac{r}{R})^2$  أو ( ث نق ) وعلى ذلك تصبح أخيراً شدة المجال على سطح الكرة مع ازدياد نصف قطر الكرة لا نهائية وهذا امر مستحيل .

وهذا التصور للكون ليس مرضياً تماماً في حد ذاته وهو أقل قبولاً لأنه يضطرنا إلى التسليم بأن الضوء الذي ينبعث من النجوم وكذلك أفراد من المجموعة النجمية تخرج باستمرار إلى الفضاء اللانهائي دون رجعة وبحيث لا تعود إلى تبادل التأثير على موجودات الطبيعة الأخرى . إن مثل هذا الكون المادي المنتهي محتوم عليه أن يتلاشى تدريجياً وبانتظام .

ولتفادي هذا العيب اقترح سيلجر تعديلاً لقانون نيوتن يفرض فيه أنه في حالة المسافات الشاسعة تتناقص قوة الجذب بين كتلتين بأسرع مما تتناقص به هذه القوة تبعاً لقانون عكس المربع . وبهذه الطريقة يصبح ممكناً أن يظل متوسط كثافة المادة ثابتاً في كل مكان حتى في اللانهاية . وهكذا نتخلص من تلك الفكرة السقيمة التي تحتم أن يكون للكون شيء في طبيعة المركز . ومن الطبيعي أننا هنا نتفادي ذلك العيب السالف الذكر ولكن بضمن باهظ هو تعديل قانون نيوتن وتعقيده دون أن يكون لهذا التعديل أي أساس نظري أو تجريبي يستند إليه . إتانا نستطيع أن نتخيل عدداً لا حصر له من القوانين التي تؤدي نفس الغرض ولسنا ندرى أيها يجب أن نفضلهم لأن أيّاً من هذه القوانين سيستند إلى نفس العدد الضئيل من المبادئ النظرية العامة مثلما يستند قانون نيوتن .

## الفصل الحادى والثلاثون

### إمكان وجود كون منه ولكنه غير محدود

ولكن الآراء فى بناء الكون تسير أيضاً فى اتجاه آخر جد مختلف . فقد دفع بنا تقدم الهندسة اللا إقليدية إلى التسليم بأننا نستطيع أن نلقى الشك على لا نهائية الفضاء حولنا دون أن نرتكب ما يخالف قوانين الفكر أو التجربة ( ريمان . هليو هو اتر ) ولقد عاج تفاصيل هذه المسائل بوضوح لا مزيد عليه كل من هليو هو اتر و بوانكاريه ، بينما لا أملك هنا إلا أن أشير إليها فى إيجاز شديد .

دعنا نتخيل أولاً عالماً ثنائى الأبعاد . كانت مفرطحة وكل ما يتعلق بها مفرطح خصوصاً أدوات قياس مفرطحة جاسئة وهذه كلها حرية التحرك فى « مستوى » ، وبالنسبة إلى هذه الكائنات لا وجود لشيء خارج المستوى إن كل ما يمكن أن يحدث لها أو لمتعلقاتها المفرطحة سيكون محصوراً حتماً فى المستوى الذى هو بمثابة الحقيقة الشاملة بالنسبة لها وعلى الأخص سيكون مستطاعاً هنا تنفيذ إنشاءات الهندسة الإقليدية — أى مثل تلك الانشاءات الشبكية التى ناقشناها فى الفصل الرابع والعشرين — بوساطة أشرطة القياس ، وسيكون عالم هذه الكائنات على عكس عالمنا ثنائى الأبعاد ولكنه مثل عالمنا يمتد إلى ما لا نهاية . إن فى عالمها متسع لعدد لا نهاية له من المربعات المكونة من قضبان القياس أى أن حجمه ( سطحه ) لانهائى . وإذا قالت هذه الكائنات إن عالمها مستو فإنها تصدق لأنها تعنى بذلك أنها تستطيع تنفيذ إنشاءات الهندسة الإقليدية بأعواد قياسها التى تمثل على الدوام نفس المسافة مهما اختلفت مواضعها .

دعنا الآن نتأمل عالماً آخر ثنائي الأبعاد ولكنه هذه المرة على سطح كروي بدلاً من أن يكون على سطح مستو. إن الكائنات المفرطحة وقضبان قياسها ومتعلقاتها الأخرى تتلاءم جيداً مع هذا السطح. ولا تستطيع أن تغادره. إن عالمها المرثي يمتد على سطح الكرة دون سواه. فهل تستطيع هذه الكائنات أن تعتبر هندسة عالمها هندسة مستوية وقضبان القياس التي معها تحقيقاً للساقفة...؟

إنها لا تستطيع ذلك لأنها إذا حاولت أن تقيم خطاً مستقيماً فإنها ستحصل على منحنى منطو على نفسه ذي طول معين منته يمكن قياسه بواسطة قضبان القياس. وبالمثل نجد أن لهذا مساحة منتهية يمكن مقارنتها بمساحة مربع مكون من قضبان القياس، وروعة هذا المثل الذي نسوقه تكمن في أنه يوضح لنا أن «كون هذه الكائنات منته غير محدود».

ولكن الكائنات التي تعيش على سطح الكرة ليست بحاجة إلى أن تدور حول العالم في رحلة لكن تتبين أنها لا تعيش في كون إقليدي. إنها تستطيع أن تجد الدليل على ذلك في كل جزء من أجزاء «عالمها» ما دامت لا تتقيد بجزء ضئيل منه. فإذا أخذت في رسم خطوط مستقيمة (وهي أقواس من دوائر بالنسبة لنا أصحاب الفضاء ثلاثي الأبعاد) متساوية الطول ابتداء من نقطة واحدة وفي جميع الاتجاهات فإنها ستسمى الخط الذي يربط نهايات هذه المستقيمات دائرة وعلى السطح المستوي تكون النسبة بين محيط الدائرة ونصف قطرها إذا قيس الطولان بقضيب واحد من قضبان القياس ثابتة تبعاً لهندسة إقليدس المستوية ومقدارها ط وهذا المقدار مستقل عن طول قطر الدائرة ولكن مخلوقاتنا المفرطحة ستجد لهذه النسبة المقدار:

$$\frac{\text{جا} \left( \frac{\pi}{2} \right)}{\frac{\pi}{2}}$$

أى أصغر قليلاً من ط . ويزداد الفرق كلما زاد نصف قطر الدائرة بالنسبة إلى نصف القطر و « لكرة العالم » . وبوساطة هذه العلاقة تستطيع المخلوقات الكروية أن تحدد نصف قطر كونها « عالمها » ولو كان جزء صغير نسبياً من كرة عالمها هو الذى يمكن أن تتناوله قياساتها . ولكن إذا كان هذا الجزء صغيراً جداً حقاً فسوف لا تستطيع هذه الكائنات أن تثبت أنها على « عالم » كروى لا على مستوى إقليدى لأن الجزء الصغير جداً من سطح الكرة لا يختلف إلا قليلاً عن سطح المستوى المساوى له فى الاتساع .

وهكذا إذا كانت المخلوقات التى تعيش على سطح كروى تعيش على كوكب لا تشغل مجموعته الشمسية إلا قدراً ضئيلاً من الفضاء الكروى لن يكون فى مقدورها أن تعرف إن كانت تعيش فى كون منته أم لا نهائى لأن « الجزء من الكون » الذى تتناوله أرصاد وأبحاث هذه الكائنات مستوى عملياً فى كلتا الحالتين أى إقليدى . ويتبع ذلك مباشرة أنه بالنسبة للكائنات التى على سطح كروى يزايد محيط الدائرة أولاً تبعاً لنصف القطر حتى يصل إلى محيط الكون ولكن إذا استمر نصف القطر فى الازدياد يأخذ عند ذلك المحيط فى التناقص حتى يصل إلى الصفر .

وأثناء هذه العملية تستمر مساحة الدائرة فى الازدياد أكثر فأكثر إلى أن تصبح مساوية للمساحة الكلية لكل « كرة العالم » .

ربما تعجب القارىء لماذا وضعنا « كائناتنا » على كرة لا على أى شكل آخر مغلق . إن لهذا الاختيار سبباً يبرره يتلخص فى أن الكرة من بين كل الأشكال المغلقة الأخرى تنفرد بأن جميع النقاط التى عليها متكافئة . إننى أسلم بأن النسبة بين محيط الدائرة ح ونصف قطرها هو تتوقف على نصف قطرها هو ولكن فيما يتعلق بالقيمة الواحدة لنصف القطر تكون هذه

النسبة واحدة بالنسبة إلى جميع النقط التي على سطح «العالم» ، أو بعبارة أخرى إن كرة العالم سطح ثابت الانحناء .

ويوجد «لكرة العالم» ثنائية الأبعاد هذه مثل ثلاثي الأبعاد هو الفضاء الكروي ثلاثي الأبعاد الذي اكتشفه ريمان ، كل نقطه متكافئة أيضاً وله حجم منته يحدده « نصف قطره » (  $2\pi r^2$  ) . ولكن هل من الممكن تصور فضاء كروي ... ؟ إن تصور أى فضاء لا يعنى سوى أن نتصور ملخص تجربتنا فيه ، أى التجربة التي نحصل عليها في حركة الأجسام «الجاسئة» ، وعلى هذا النحو نستطيع أن نتصور الفضاء الكروي .

تصور أننا نرسم خطوطاً أو نمد أوتاراً من نقطة ما إلى جميع الاتجاهات ثم نضع علامة على كل من هذه الخطوط أو هذه الأوتار على بعد  $r$  من النقطة بواسطة قضيب قياس .

إن كل نهايات هذه الخطوط أو الأوتار عند هذه العلامات تقع على سطح كروي ونستطيع على الأخص أن نقيس المسافة  $r$  على هذا السطح الكروي بواسطة مربع مكون من قضبان القياس فإذا كان الكون إقليدياً فإن مساحة السطح تساوى  $4\pi r^2$  وإذا كان كروياً تكون أقل دائماً من  $4\pi r^2$  وكلها زادت قيمة  $r$  زادت  $r$  على الصفر إلى أن تصل حد أقصى يحدده «نصف قطر العالم» ولكن إذا زادت قيمة  $r$  أكثر من ذلك أخذت المساحة في التناقص تدريجياً إلى أن تصل أخيراً إلى الصفر . إن الخطوط الخارجة من نقطة الابتداء تتباعد عن بعضها البعض في أول الأمر أكثر فأكثر ثم تتقارب بعد ذلك وأخيراً تجرى معاً مرة ثانية في نقطة مقابلة لنقطة الابتداء . وفي هذه الظروف تكون قد عبرت كل الفضاء الكروي . وهكذا يبدو بسهولة أن الفضاء الكروي الثلاثي الأبعاد يشبه الفضاء الكروي ثنائي الأبعاد ، إنه منتهى الحجم وليس له حدود تحده .



ويحسن أن نذكر أنه يوجد نوع آخر من الفضاء المنحني هو الفضاء الناقص ، الذي يمكن اعتباره فضاء منحنيًا ، النقطتان المتقابلتان فيه متطابقتان ، أي لا يمكن التمييز بينهما بل تامتا التماثل ، وهكذا يمكن اعتبار الكون الناقص إلى حد ما كوناً منحنيًا له تماثل مركزي .

بما تقدم يتضح أنه من الممكن إدراك الفضاءات المقفولة التي ليس لها حد يحدها ومن بينها يعد الفضاء الكروي والفضاء الناقص أكثرها بساطة . لأن جميع نقط أي هذين الفضاءين متكافئة . وكنيجة لما تقدم ينهض أمام الفلكيين وعلماء الفيزياء سؤال على جانب تنظيم من الأهمية : هل الكون الذي نعيش فيه لا نهائي أو أنه منته على نحو الكون الكروي . . . . ؟ إن تجاربنا أقل جداً من أن تسمح لنا بالإجابة عن هذا السؤال ولكن نظرية النسبية العامة تسمح لنا أن نجيب عنه بقدر معقول من التأكيد . وهكذا تجد المشكلة التي قابلتنا في الفصل الثلاثين حلاً لها .

## الفصل الثاني والثلاثون

### بناء الفضاء تبعاً للنظرية النسبية العامة

ليست الخواص الهندسية للفضاء تبعاً لنظرية النسبية العامة مستقلة عن المادة بل إن المادة تحدد هذه الخواص . وعلى ذلك لا سبيل لنا إلى دراسة البناء الهندسى للكون مالم يتوافر لنا مقدماً معرفة حالة المادة فيه كأساس للدراسة . ونحن نعرف بالتجربة أن سرعات النجوم بالنسبة إلى مجموعة إسناد مناسبة ، صغيرة جداً إذا ما قورنت بسرعة انتشار الضوء . وعلى ذلك نستطيع على وجه التقريب أن نصل إلى رأى عن طبيعة الكون ككل لو عالجتنا المادة باعتبارها ساكنة .

ونحن نعلم كما رأينا فى الفصول السابقة أن سلوك قضبان القياس والساعات يتأثر بالمجالات الجاذبية أى بتوزيع المادة وهذا فى حد ذاته يكفى لاستبعاد احتمال أن تكون هندسة الكون إقليدية . ولكنه أمر ميسور الفهم أن الكون الذى نعيش فى لا يختلف إلا قليلاً عن الكون الإقليدى وهذه الفكرة تبدو أكثر احتمالاً مادامت التقديرات الحسائية تظهر أن قياسات الفضاء المحيط بالمادة لا تتأثر إلا تأثيراً ضعيفاً حتى من أجسام بمثل كتلة الشمس . ويمكن أن نتخيل أن الكون من الناحية الهندسية يسلك سلوك سطح منحرف بغير انتظام فى أجزائه الفردية دون أن يبتعد كثيراً فى أى مكان فيه عن المستوى . إنه يبدو كسطح بحيرة متموج ، وكون كهذا يمكن أن يقال عنه إنه شبه إقليدى وإنه من حيث فضاؤه لانهائى . ولكن التقديرات الحسائية تظهر أن كثافة المادة فى كون شبه إقليدى لا بد أن تكون صفراً . وهكذا لا يمكن أن يكون مثل هذا الكون مأهولاً بالمادة فى كل

أجزائه، إنه سيعيد أمامنا الصورة غير المرضية التي رسمناها في الفصل الثلاثين.  
 فإذا كان لا بد أن يكون للمادة في الكون متوسط كثافة يختلف عن  
 الصفر مهما كان هذا الاختلاف ضئيلاً فلا بد إذا أن يكون الكون غير  
 إقليدي ولا حتى شبه إقليدي، وعلى العكس ثبت نتائج التقديرات الحسائية  
 أنه إذا انتظم توزيع المادة فإن الكون يكون بالضرورة كروياً (أو ناقصاً)  
 ولما كان توزيع المادة تفصيلاً في الحقيقة ليس منتظماً فإن الكون الحقيقي  
 سينحرف في أجزائه الفردية عن الكروي أي أن الكون سيكون شبه  
 كروي ولكنه سيكون بالضرورة منتهياً. ولكن النظرية تمدنا في الواقع  
 بعلاقة<sup>(١)</sup> بسيطة بين التمدد الفضائي للكون ومتوسط كثافة المادة فيه.

---

١ - لنصف القطر  $r$  للكون نحصل على المعادلة  $r^2 = \frac{2}{3} \rho t^2$  وإذا  
 استخدمنا النظام سم - جرام - ثانية للقياس في هذه المعادلة حصلنا على  
 $\frac{2}{3} \rho = 1.08 \times 10^{27}$  حيث  $\rho$  هو متوسط كثافة المادة،  $\rho$  ثابت  
 متعلق بثابت نيوتن للجاذبية.



## الملاحق

- ١ - اشتقاق بسيط لتحويل لورنتز
- ٢ - فضاء منكوفسك رباعي الأبعاد عالم
- ٣ - التأيد التجريبي لنظرية النسبية العامة
- ٤ - بناء الفضاء تبعاً لنظرية النسبية العامة
- ٥ - النسبية ومشكلة الفضاء



## الملحق الأول

### اشتقاق بسيط لتحويل لورنتز

( تكلمة للفصل الحادى عشر )

يجب أن نراعى أن يتطابق باستمرار المحوران السينيان لـ كل من مجموعتى الإحداثيات الموضحتين فى شكل - ٢ - . وبذلك يتم بعض التوجيه النسبى لهما . وفى الحالة الحاضرة نستطيع أن نجزى المسألة إلى أجزاء بأن نضع محل الاعتبار أولاً الحوادث التى تقع على المحاور ( س ) فقط . فأى هذه الحوادث يمثلها بالنسبة إلى مجموعة الإحداثيات ( م ) الإحداثى س و الزمن ز . وبالنسبة إلى مجموعة الإحداثيات ( م ) الإحداثى س و الزمن ز وعلينا أن نجد س ، ز إذا كنا نعلم س ، ز .

إن أية إشارة ضوئية تنتقل على طول المحور الإيجابى س تنتشر وفقاً  
للمعادلة  $s = cz$

أى  $s - cz = 0$  ( ١ )

ولما كانت نفس الإشارة الضوئية يجب أن تنتشر بالنسبة إلى م بالسرعة  $c$  فعلى ذلك سيكون انتشار الضوء بالنسبة إلى المجموعة م وفق المعادلة المماثلة

$s - cz = 0$  ( ٢ )

إن تلك النقط الزمكانية ( الحوادث ) التى تحقق المعادلة ( ١ ) لا بد أن تحقق المعادلة ( ٢ ) أيضاً . وواضح أن هذا يتحقق عندما تتحقق

عموماً العلاقة .  $(s - cz) = t(s - cz)$  ( ٣ )

حيث تشير ت إلى ثابت . لأنه تبعاً للمعادلة ( ٣ ) نجد أن اختفاء (س - ح ز) يتضمن اختفاء (س - ح ز) .

وإذا أجرينا المثل على أشعة الضوء التي تنتشر على المحور السلبى س نحصل على الحالة .

$$(٤) \quad (س - ح ز) = ت = (س - ح ز)$$

وإذا جمعنا (أو طرحنا) المعادلات (٣) ، (٤) وأحلنا للسهولة الثوابت ١ ، ب محل الثوابت ت ، ث بحيث تكون :

$$\frac{ت + ث}{٢} = ١$$

$$\frac{ت - ث}{٢} = ب$$

نحصل على المعادلات

$$(٥) \quad \begin{cases} س = ١ + ب + ح ز \\ ح ز = ١ - ب + ح ز \end{cases}$$

وهكذا يجب أن نحصل على حل المشكلة لو كنا نعلم الثوابت ١ ، ب : وهذه الثوابت يمكن معرفتها تبعاً لما يلي :

بالنسبة إلى أصل م يكون لدينا على الدوام س = صفر

وعلى ذلك يكون تبعاً للمعادلة الأولى من المعادلات (٥)

$$\frac{ب + ح}{١} = س$$

وإذا رمزنا بالرمز ع إلى السرعة التي يتحرك بها أصل م بالنسبة إلى م

$$(٦) \quad \frac{ب + ح}{١} = ع$$



ونفس القيمة ع يمكن الحصول عليها من المعادلات ( ٥ ) إذا حسبنا  
 سرعة نقطة أخرى من مَ بالنسبة إلى م أو السرعة ( الموجهة نحو المحور  
 السببي السلمي ) لنقطة على م بالنسبة إلى مَ . وباختصار نستطيع أن نسمى ع  
 السرعة النسبية للمجموعتين .

وفوق ذلك فإن مبدأ النسبية يعلمنا أن طول وحدة القياس الساكنة  
 بالنسبة إلى مَ كما يبدو لراصد على م يجب أن يكون هو نفس طول وحدة  
 القياس الساكنة بالنسبة إلى م كما يبدو لراصد على مَ . ولكي نرى كيف  
 تظهر نقط المحور سَ لراصد على م فإننا نحتاج فقط إلى التقاط صورة  
 خاطفة ( لقطة سريعة ) للمجموعة مَ من المجموعة م . ومعنى هذا أنه يجب  
 علينا أن ندخل قيمة خاصة ز ( ز من م ) أي ز = صفر وهذه القيمة من  
 ز نحصل من المعادلة الأولى ( ٥ ) على :

$$س = ١ = س$$

وعلى ذلك تكون النقطتان اللتان تفصلهما على المحور س المسافة  
 $\Delta س = ١$  مقيسة في المجموعة مَ مفصولتين في اللقطة الخاطفة أو الصورة  
 اللحظية بالمسافة :

$$(٧) \quad \frac{١}{١} = س \Delta$$

ولكن إذا أخذت اللقطة السريعة من مَ ( ز = صفر ) وإذا استبعدنا  
 زمن المعادلات ( ٥ ) وأدخلنا في اعتبارنا التعبير ( ٦ ) حصلنا على :

$$س = ١ = س \left( \frac{٢٤}{٢٥} - ١ \right)$$

ومن هذا نستخلص أن نقطتين على المحور س تفصلهما المسافة ١  
 ( بالنسبة إلى م ) سيظهرهما في الصورة الخاطفة التي أخذناها بالمسافة :

$$(١٧) \quad \Delta س = ١ = س \left( \frac{٢٤}{٢٥} - ١ \right)$$

ولكن لا بد تبعاً لما تقدم ذكره أن تكون صورتان متماثلتين وعلى ذلك لا بد أن تكون  $\Delta$  س في (٧) متساوية مع  $\Delta$  س في (١٧) بحيث تحصل على :

$$(٧) \quad \frac{1}{\frac{c^2}{a^2} - 1} = 1$$

والمعادلتان (٦) و (٧) تحددان الثابتين  $a$  و  $b$ . وإذا أدخلنا قيمة هذين الثابتين في (٥) نحصل على المعادلة الأولى والرابعة اللتين سبق ذكرهما في الفصل الحادى عشر.

$$(٨) \quad \left[ \begin{array}{l} \frac{s - cz}{\frac{c^2}{a^2} - 1} = s \\ z - \frac{c}{a^2} s = z \\ \frac{z - \frac{c}{a^2} s}{\frac{c^2}{a^2} - 1} = z \end{array} \right.$$

وهكذا حصلنا على تحويل لورنتز بالنسبة إلى الحوادث على المحور س وهو يحقق الشرط :

$$(١٨) \quad s^2 - c^2 z^2 = s'^2 - c^2 z'^2$$

وامتداد هذه النتيجة ليشمل الحوادث التي تقع خارج المحور س يمكن الحصول عليه بالاحتفاظ بالمعادلات (٨) وتزويدها بالعلاقات :

$$(٩) \quad \left[ \begin{array}{l} s = s' \\ s' = s \end{array} \right.$$

وبهذه الطريقة تحقق الفرض الذي ينص على أن سرعة الضوء ثابتة في الفراغ ( مهما كان اتجاه اشعته ) بالنسبة إلى كلا المجموعتين م' و م . ويمكن توضيح ذلك كما يلي :

دعنا نتخيل أن إشارة ضوئية أرسلت من أصل م في الوقت  $z=0$  صفر إنها سوف تنتشر تبعاً للمعادلة :

$$c^2 = \sqrt{v^2 + s^2 + z^2} = c^2$$

وإذا ربعنا هذه المعادلة نجد أن الإشارة الضوئية ستنتشر تبعاً للمعادلة.

$$(10) \quad s^2 + v^2 + z^2 = c^2$$

ويستوجب قانون انتشار الضوء مرتباً مع فرض النسبية أن يحدث انتقال الإشارة الضوئية - وذلك كما يبدو بالنسبة إلى المجموعة م' - تبعاً للتعبير المناظر :

$$c^2 = c'^2$$

$$(110) \quad \text{أو} \quad s'^2 + v'^2 + z'^2 = c'^2$$

وحتى تكون المعادلة (110) نتيجة للمعادلة (10) يجب أن يكون :

$$(11) \quad s'^2 + v'^2 + z'^2 = \phi (s^2 + v^2 + z^2)$$

ولما كانت المعادلة (118) يجب أن تنطبق على النقط التي على المحور س فإننا هكذا نحصل على  $\phi = 1$  ومن السهل أن نرى أن تحويل لورنتز يحقق فعلاً المعادلة (11) عندما تكون  $\phi = 1$  لأن (11) نتيجة للمعادلات (118) و (9) و (18) وعلى ذلك فهي أيضاً نتيجة للمعادلات 8 و (9) و هكذا نكون قد قمنا باشتقاق تحويل لورنتز .

وتحويل لورنتز الذي تمثله المعادلتان (8) و (10) لا يزال بحاجة إلى أن يعمم . فمن الواضح أنه ليس محتملاً أن نختار محاور م' بحيث تتوازي

مكانياً مع محاور م ، وليس محتماً أيضاً أن تكون سرعة انتقال م بالنسبة إلى م في اتجاه المحور س . وإذا أمعنا الفكر قليلاً نرى أننا نستطيع أن نبنى تحويل لورنتز بهذا المعنى العام من نوعين من التحويلات هما تحويلات لورنتز بالمعنى الخاص ، ومن التحويلات المكانية البحتة الأمر الذي يناظر استبدال مجموعة الإحداثيات قائمة الزوايا بمجموعة جديدة تتجه محاورها في اتجاهات أخرى . ونستطيع رياضياً أن نصف تحويل لورنتز المعمم كما يلي :

أنه يعبر عن  $s$  ،  $v$  ،  $z$  في حدود الدوال الخطية المتماثلة للمقادير  $s$  ،  $v$  ،  $z$  بشكل يجعل العلاقة :

$$s^2 + v^2 + z^2 = s'^2 + v'^2 + z'^2 \quad (111)$$

تتحقق بذاتها . أي أننا إذا أحللنا تعبيراتها في حدود  $s$  ،  $v$  ،  $z$  محل  $s$  ،  $v$  ،  $z$  في الشق الأيسر فإن الشق الأيسر من ( 111 ) يتفق مع الشق الأيمن عند ذلك .

## الملحق الثاني

### فضاء منكوفسكي رباعي الأبعاد

( تكملة الفصل السابع عشر )

من الممكن أن نحدد معالم تحويل لورنتز بطريقة أكثر بساطة مما تقدم إذا نحن أدخلنا الكمية الخيالية  $\sqrt{-1}$  حوز محل  $z$  كمتغير الزمن . وإذا أدخلنا متفقاً مع هذا :

$$s_1 = s$$

$$s_2 = \sqrt{-1} s$$

$$s_3 = s$$

$$s_4 = \sqrt{-1} s$$

وبالمثل للمجموعة  $M$  . عند ذلك يمكن التعبير عن الشرط الذي تحقق بالذات هكذا :

$$s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + s_4^2 = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + s_4^2 \quad (12)$$

أى أنه عن طريق هذا الاختيار للإحداثيات تتحول المعادلة (11) إلى هذه المعادلة (12) .

ونرى من المعادلة 12 أن الإحداثى الزمنى الخيالى  $s_2$  يدخل فى شرط التحويل بنفس الطريقة التى تدخل بها الإحداثيات  $s_1, s_3, s_4$  ونتيجة لهذه الحقيقة يدخل « الزمن »  $s_1$  تبعاً لنظرية النسبية فى القوانين الطبيعية بنفس شكل إحداثيات المكان  $s_2, s_3, s_4$  .

ولقد سمي منكوفسكي المتصل رباعى الأبعاد الذى تصفه «الإحداثيات»  
س<sub>1</sub> س<sub>2</sub> س<sub>3</sub> س<sub>4</sub> «عالمًا» كما سمي «نقطة حادثة» «بنقطة عالم» ومن  
«حدوث» فى فضاء ثلاثى الأبعاد تتحول انزياها كما لو كانت «وجوداً» فى  
«العالم» رباعى الأبعاد .

وهذا «العالم» رباعى الأبعاد يحمل فى طياته تماثلاً قريباً من الفضاء  
ثلاثى الأبعاد فى هندسة إقليدس التحليلية . فإذا أدخلنا فى هذا الأخير  
مجموعة إحداثيات كارتيزية جديدة (س<sub>1</sub> س<sub>2</sub> س<sub>3</sub> س<sub>4</sub>) بنفس الأصل  
فإن س<sub>1</sub> س<sub>2</sub> س<sub>3</sub> س<sub>4</sub> تكون دوال خطية متماثلة لـ س<sub>1</sub> س<sub>2</sub> س<sub>3</sub> س<sub>4</sub>  
التي تحقق بذاتها المعادلة  $s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + s_4^2 = 0$

والتماثل مع (١٢) تماثل تام . ويمكننا اعتبار «عالم» منكوفسكى بطريقة  
شكلى فضاء إقليدياً رباعى الأبعاد (له إحداثى زمانى خيالى) ويكون تحويل  
لورنتز مناظراً «لدوران» مجموعة الإحداثيات فى «العالم» رباعى الأبعاد .

## الملحق الثالث

### الإثبات التجريبي لنظرية النسبية العامة

نستطيع أن نتخيل من الناحية النظرية المنظمة عملية تطور علم من العلوم الوصفية على أنها في الواقع عملية استقرار مستمرة . إننا نضع النظريات ونصوغها في عبارة وجيزة . وهي تضمينات لعدد كبير من الملاحظات الفردية في صورة قوانين وصفية . ومن هذه النظريات نستطيع تأكيد القوانين العامة عن طريق المقارنة . من هنا ترى أن نمو وتقدم علم من العلوم يشبه شهاً كبيراً عملية وضع أو إنشاء فهرس مبوب . إنه يبدو كما لو كان أمراً وصفيّاً محضاً .

ولكن هذا الرأي رأى ضيق الأفق فهو لا يحيط أبداً بكل نواحي العملية في الواقع ؛ لأنه بغض النظر عن الدور الهام الذي يلعبه الحدس والفكر الاستنباطي في نمو علم من العلوم المضبوطة . إذ بمجرد أن يخطو علم ما من هذه العلوم خطواته الأولى لا تعد خطوات تقدمه النظرية التالية تتم عن طريق مجرد التبويب ؛ لأن الباحث متأثراً بالمدلولات التجريبية يميل إلى اتخاذ منهج فكري يعتمد منطقياً على عدد صغير من الفروض الأساسية التي تسمى بديهيات . ومثل هذا المنهج أو المذهب الفكري يسمى نظرية . والمبرر الوحيد لوجود النظرية هو أنها تنتظم عدداً كبيراً من المشاهدات المفردة . وفي هذا الأمر بالذات يكمن « صدق » النظرية .

وقد يقابل المجموعة المتشابهة الواحدة من المعطيات الوصفية عدة نظريات قد تختلف فيما بينها إلى حد بعيد . ولكن هذه النظريات من ناحية الاستنتاجات التي تشتق منها والتي يمكن اختبارها عملياً قد يكون الاتفاق بينها تاماً بحيث يتعذر العثور على استنتاج واحد يختلف حوله

هذه النظريات . ومن أمثلة ذلك حالة مشهورة في علم الحياة يهتم لها الكثيرون هي نظرية داروين في أصل الأنواع وتطورها عن طريق بقاء الأصلح في معترك الوجود . والنظرية الأخرى في تطور الأنواع على أساس انتقال الخواص المكتسبة وراثياً .

وهناك مثال آخر لذلك - هو الاتفاق البعيد المدى في الاستنتاجات من نظريتين في الميكانيكا النيوتونية من ناحية ونظرية النسبية العامة من الناحية الأخرى . وهذا الاتفاق يذهب بعيداً إلى حد أننا إلى الآن لم نعثر إلا على استنتاجات قليلة يمكن وضعها موضع البحث والاختبار ولا تؤدي إليها أيضاً فزياء ما قبل النسبية . وهذا على الرغم من الاختلاف العميق بين الفروض الأساسية للنظريتين . وسنتأمل فيما يلي مرة ثانية هذه الاستنتاجات الهامة وسناقش الشواهد التجريبية التي حصلنا عليها إلى الآن ، والتي تتعلق بها .

### ( ١ ) حركة حضيض مسار عطارد :

يجب أن يدور الكوكب الذي يدور حول الشمس وذلك تبعاً لميكانيكا نيوتن وقانون نيوتن للجاذبية في قطع ناقص حولها أو بعبارة أصح حول مركز الثقل المشترك للكوكب والشمس . وفي مثل هذه المجموعة تقع الشمس أو مركز الثقل المشترك في إحدى بؤرتي القطع بحيث يأخذ البعد الشمس - الكوكب في التزايد من حد أدنى إلى حد أقصى ثم يتناقص ثانية إلى الحد الأدنى وذلك خلال سنة كوكبية<sup>(١)</sup> ولو أننا أحلنا محل قانون نيوتن قانوناً آخر للجذب مختلفاً بعض الشيء لوجدنا في التقدير الحسابي أن الحركة ستظل تحدث تبعاً لهذا القانون الجديد بحيث يظل البعد

(١) هذا هو ما يسمى أحياناً بالوج والحضيض ( المترجم )



الكوكب - الشمس دورى التغير . ولكن فى هذه الحالة ستكون الزاوية المحصورة بين الخطين الواصلين من الشمس إلى الكوكب فى أول هذه الفترة ثم فى نهايتها ( أى من حضيض - أقرب نقطة إلى الشمس - إلى حضيض تال ) تختلف عن ٣٦٠ درجة ولن يكون خط المدار خطأ مقفولا بل إنه مع الزمن سيملاً جزئياً حلقياً من مستوى المدار . أعنى بين دائرة أقل بعد للكوكب ودائرة أكبر بعد له عن الشمس .

وتبعاً لنظرية النسبية العامة التى تختلف طبعاً عن نظرية نيوتن نجد أن تغييراً صغيراً عن حركة نيوتن - كبر لكوكب ما فى مداره يجب أن تحدث بحيث تكون الزاوية المحصورة بين القطر الشمس - الكوكب فى الحضيض . والذي يليه تزيد على الزاوية التى تناظر دورة كاملة بمقدار يحدده .

$$+ \frac{24 \text{ ط } 21}{(1 - \gamma)^2}$$

ملاحظة : تقابل دورة كاملة الزاوية ٢ ط فى القياس المطلق للزوايا المستعمل فى الفزياء . والتعبير عالىه يحدد المقدار الذى يزيد به قطر الشمس - الكوكب على هذه الزاوية خلال الفترة بين حضيض والذي يليه . وفى هذا التعبير ترمز ١ لنصف المحور الأكبر للقطع الناقص ٦ ى إلى بروزه ٦ ح إلى سرعة الضوء ٦ ى إلى مدة دورة الكوكب . ويمكن وضع هذه النتيجة على هذا النحو أيضاً : إن المحور الأكبر للقطع الناقص يدور تبعاً لنظرية النسبية العامة حول الشمس على نحو الحركة المدارية للكوكب ، وتستوجب نظرية النسبية أن يكون هذا الدوران بمقدار ٤٣ ثانية من القوس فى القرن بالنسبة للكوكب عطارد ، أما بالنسبة للكواكب الأخرى فى مجموعتنا الشمسية فإن مقداره تبعاً لنظرية النسبية لا بد وأن يكون صغيراً جداً بحيث لا يسهل الاستدلال عليه (١) .

(١) خصوصاً وان الكوكب التالى وهو الزهرة له مدار يكاد يطابق الدائرة مما يجعل تحديد الحضيض أمراً بالغ الصعوبة ( الحضيض هو الوقع الذى يكون فيه الكوكب أقرب ما يكون إلى الشمس ) .

ولقد وجد الفلكيون في الحقيقة أن نظرية نيوتن ليست كافية لحساب حركة عطارد التي كشفت عنها الأرصاد بدقة تناظر الدقة والحساسية التي وصلت إليها الأرصاد حالياً . ولقد وجد كل من لوفرييه سنة ١٨٥٩ ونيوكامب سنة ١٨٩٥ أنه بعد وضع كل عوامل الاضطراب المؤثرة على عطارد بواسطة بقية الكواكب محل الاعتبار قد تبقت حركة حضيضية لا تفسر لها مقدارها لا يختلف كثيراً عن المقدار المذكور عاليه وهو + ٤٣ ثانية القوس في القرن . وكان مقدار التقريب في هذه النتيجة لا يتجاوز ثوان قليلة فقط .

### (ب) انحناء الضوء تحت تأثير مجال الجاذبية :

لقد ذكرنا في الفصل الثاني والعشرين أن نظرية النسبية العامة تنص على أن شعاع الضوء ينحرف عن طريقه عند مروره في مجال جاذبي . وهذا الانحراف يشبه ما يعانیه مسار جسم قذف في مجال جاذبي . ولذلك يجب أن نتوقع أن ينحرف شعاع الضوء الذي يمر قريباً من جرم سماوي نحو هذا الجرم . وزاوية الانحراف الذي يعانیه شعاع ضوئي يمر قريباً من الشمس على مسافة  $\Delta$  نصف قطر الشمس من مركزها يجب أن يكون مقدارها :

$$\frac{1,7 \text{ ثانية من القوس}}{\Delta} = 1$$

ويمكن هنا أن نضيف إلى ما تقدم أنه تبعاً للنظرية يكون نصف هذا الانحراف ناشئاً عن المجال النيوتوني لجاذبية الشمس والنصف الآخر ناشئاً عن التغير الهندسي للفضاء ( الانحناء ) الذي تحدثه الشمس .

وهذه النتيجة بما يمكن التحقق منها عملياً بواسطة التسجيل الفوتوغرافي لمواقع النجوم أثناء الكسوف الكلي للشمس والسبب الوحيد الذي يضطرنا إلى انتظار فترة كسوف الشمس هو أنه في الأوقات الأخرى تكون السماء

مضائة بشدة بضوء الشمس لدرجة تجعل النجوم القريبة الموضع من قرص الشمس متعذرة الرؤية . والاثـر الذي تتنبأ به نظرية النسبية العامة يمكن فهمه بوضوح من الشكل التوضيحي المرافق لهذا . فإذا لم تكن الشمس موجودة فإن نجماً بعيداً لدرجة لا نهائية عملياً يـرى في الاتجاه  $\theta$  إذا رُصد من الأرض ولكنه نتيجة لانحراف الضوء الصادر من النجم بوساطة الشمس فإنه سيرى في الاتجاه  $\theta'$  أي على بعد من مركز الشمس أكبر قليلاً مما يناظر موقعه الحقيقي .



والطريقة العملية لإجراء هذا الاختبار هي تصوير النجوم التي في جوار الشمس أثناء كسوفها ثم تؤخذ صور أخرى لنفس تلك النجوم عندما تكون الشمس في موضع آخر من السماء أي بعد أو قبل ذلك بشهور قليلة . فإذا قورنت هذه الصورة بالصورة القياسية فإن مواقع هذه النجوم على الصورة أثناء الكسوف يجب أن تبدو مزحزحة قطرياً إلى الخارج ( بعيداً عن مركز الشمس ) بمقدار يساوي الزاوية  $\theta$  .

ونحن مدينون للجمعية الملكية والجمعية الفلكية الملكية باختبار هذا الاستنتاج المهم . فلقد قامت هاتان الجمعيتان ولم تقعهما الحرب ولا الصعاب المادية أو النفسية التي أثارها هذه الحرب فأرسلتا بعثتين واحدة إلى سوبرال ( البرازيل ) والأخرى إلى جزر برنسيب في غرب أفريقيا . وأرسلتا عدداً من أشهر الفلكيين البريطانيين ( ادنجتون وكننجهام وكرومليين ودافيدسن ) لكي تحصل على الصور الفوتوغرافية لكسوف الشمس يوم ٢٩/٥/١٩١٩ . ولقد كانت الفروق المنتظر وجودها بين الصور الفوتوغرافية للنجوم أثناء كسوف الشمس وصور المقارنة تبلغ من الصغر حد أجزاء قليلة من المائة من المليمتر فقط، وهكذا كان لزاماً أن تراعى الدقة البالغة والحساسية الفائقة في التقاط الصور ثم إجراء القياسات بعد ذلك .

ولقد أيدت نتائج هذه القياسات نظرية النسبية بطريقة تبعث على الرضا والارتياح التامين . والجدول التالي يوضح النتائج وهي تشمل المركبات قائمة الزوايا للانحرافات تبعاً للتقدير الحسابي استناداً إلى النظرية والمقادير التي وجدت عملياً في التجربة بالقياس .

الإحداثي الثاني		الإحداثي الأول		رقم النجم
حسابيا	تجريبيًا	حسابيا	تبعاً للتجربة	
0,02+	0,16+	0,22-	0,19-	11
0,43+	0,46+	0,31+	0,29+	5
0,74+	0,83+	0,10+	0,11+	4
0,87+	1,00+	0,12+	0,20+	3
0,40+	0,57+	0,04+	0,10+	6
0,32+	0,25+	0,09+	0,08+	10
0,09-	0,27	0,85+	0,95+	2

### ( ٣ ) انتقال خطوط الطيف نحو الأحمر

لقد أوضحنا في الفصل الثالث والعشرين أنه في مجموعة الإسناد م التي في حالة دوران بالنسبة إلى مجموعة إسناد جاليلية م تسير الساعات متماثلة البناء والتي تعتبر في حالة سكون بالنسبة إلى مجموعة الإسناد الدوارة بمعدلات تعتمد على مواقع الساعات وسنختبر الآن مدى هذا الاعتماد ومقداره كياً . إن الساعة التي توضع على المسافة ف من مركز القرص يكون لها سرعة بالنسبة إلى م يحددها :

$$ع = ع ف$$

حيث تكون ع السرعة الزاوية لدوران القرص م بالنسبة إلى م فإذا كانت غ تمثل عدد دقائق الساعة من الزمن ( معدل ، الساعة ) بالنسبة

إلى م عندما تكون الساعة في حالة السكون فإن « معدل » الساعة ع : عندما تكون متحركة بالنسبة إلى م بالسرعة ع ولكنها ساكنة بالنسبة إلى القرص سيكون تبعاً للفصل الثاني عشر تبعاً للمعادلة :

$$غ = غ \cdot \sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}$$

أو تحده بدقة كافية المعادلة .

$$غ = غ \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{c^2}{c^2} \right)$$

وإذا رمزنا إلى فرق الجهد لقوة الطرد المركزية بين موضع الساعة ومركز القرص بالرمز س أي الشغل باعتبار سلبى الذى يجب أن يتم على وحدة الكتلة ضد قوة الطرد المركزية لكي ينقلها من موضع الساعة على القرص الدائر إلى مركز القرص . عند ذلك نحصل على :

$$ش = \frac{c^2}{2} \text{ ومنه نرى :}$$

$$أن غ = غ \cdot \left( 1 + \frac{ش}{c^2} \right)$$

ومن هذا التعبير نرى أولاً أن ساعتين متماثلتي التركيب تسيران بمعدلين مختلفين عندما توضعان على مسافات مختلفة من مركز القرص وهذه النتيجة صحيحة بالنسبة لراصد يدور مع القرص .

والآن نجد أن القرص واقع بالنسبة لراصد عليه في مجال جاذبي جهده ش ولذلك تنطبق النتيجة التي حصلنا عليها عليه على المجالات الجاذبية جيداً . وفوق ذلك فإننا نستطيع أن نعتبر الذرة التي تصدر عنها خطوط الطيف مثلها مثل الساعة ولهذا نجد أن العبارة التالية صحيحة :

« تصدر الذرة أو تمتص ضوءاً يتوقف تردده على جهد المجال الجاذبي الذي تقع فيه الذرة » .

وتردد ذرة على سطح جرم سماوي سيكون أقل قليلاً من تردد ذرة من نفس العنصر موجودة في الفضاء الحر أو على سطح جزم سماوي أصغر) والآن نجد أن  $ش = ل - \frac{ل}{ف}$  حيث  $ل$  ثابت نيوتن للجاذبية ،  $ل$  كتلة

الجرم السماوي . وهكذا نجد أن خطوط الطيف يجب أن تنتقل نحو الأحمر على سطوح النجوم مقارنة بخطوط الطيف لنفس العنصر على الأرض ومقدار هذا الانتقال هو :

$$\frac{غ - غ}{غ} = \frac{ل}{ح' ف}$$

ولقد وجد أن مقدار الانتقال نحو الأحمر بالنسبة للشمس كما تنبأ به النظرية يبلغ حوالي جزءين من مليون من طول الموجة . وليس من الممكن الحصول على تقدير يوثق به لهذا المقدار بالنسبة للنجوم لأننا على العموم نجهل كل من الكتلة والقطر بالنسبة لها .

ومسألة وجود هذا الأثر أو عدم وجوده مسألة لم تتقرر بصفة نهائية حتى الآن (سنة ١٩٢٠) ويعمل الفلكيون بهمة عظيمة وحماس بالغ للوصول إلى حلها . وبالنسبة إلى ضالة الأثر في حالة الشمس نجد أنه من الصعب جداً أن نكون رأياً عن وجوده فيينا يضع جرب وباك (بون) كنتيجة لقياساتها شخصياً وقياسات أفرشد وشوارتز تشيلد على الحزم السيانونورية وجود هذا الأثر فوق كل شك نجد علماء آخرون على الأخص سانجون قد اتهموا إلى الرأي المضاد تبعاً لقياساتهم .

إن متوسط اتصالات الخطوط الطيفية نحو الجزء الأقل حيوداً من الطيف تكشف عنه بكل تأكيد الأبحاث الإحصائية على النجوم الثابتة

ولكن لا يسمح لنا إلى الآن فحص المدلولات الممكن الحصول عليها باتخاذ قرار محدد فيما إذا كانت هذه الانتقالات واجبا إرجاعها في الحقيقة إلى تأثير الجاذبية أم لا . ولقد جمعت نتائج الأرصاد معا ونوقشت بالتفصيل من وجهة نظر المسألة التي شغلت انتباهنا هنا في بحث تمتع قام به فرويندلش<sup>(١)</sup>

على أية حال سوف نصل إلى قرار حاسم في السنوات القليلة القادمة فإذا كان انتقال خطوط الطيف نحو الأحمر بتأثير الجهد الجاذبي غير موجود فإن نظرية النسبية تصبح مرفوضة لا محل لقبولها أما إذا كان سبب هذا الانتقال يمكن إرجاعه بالتحديد إلى الجهد الجاذبي فإن دراسة هذا الانتقال ستمدنا بمعلومات قيمة عن كتلة الأجرام السماوية .

ملحوظة : لقد أثبت آدمز انتقال خطوط الطيف نحو الطرف الأحمر في سنة ١٩٢٤ بأرصاد قام بها على سيريس شديد الكثافة حيث تبلغ كثافته ثلاثين ضعفاً لكثافة الشمس .

---

(١) انظر البحث :

“Zur Prüfung der allgemeinen Relativitäts Theorie”

في مجلة

Naturwissenschaften 1919 No. 35, p. 250, “Julius Springer Berlin”.





## الملحق الرابع

### بناء الفضاء تبعاً لنظرية النسبية العامة

( تكلمة الفصل الثاني والثلاثون )

لقد تقدمت معلوماتنا عن الفضاء العام ( المشكلة الكونية ) منذ صدور الطبعة الأولى من هذا الكتاب تقدماً هاماً يجدر ذكره حتى في عرض مبسط للموضوع .

لقد كانت نظرتي الأولى للموضوع تستند إلى فرضين :

١ - هناك متوسط كثافة للمادة في كل الفضاء وهو واحد في جميع أجزاء الفضاء يختلف مقداره عن الصفر .

٢ - اتساع الفضاء ( نصف قطره ) مستقل عن الزمن .

ولقد تبين أن هذين الفرضين منسجمان تبعاً لنظرية النسبية العامة . ولكن بعد إضافة حد افتراضي إلى معادلات المجال . وهو حد لم تكن النظرية في حد ذاتها في احتياج إليه كما لم يكن يبدو من وجهة النظر النظرية طبيعياً ( الحد الكوني في معادلات المجال ) .

أما الفرض الثاني فقد بدا لي أنه لا مفر منه في ذلك الحين لأنني كنت أظن أن المرء يتعرض لفيض من المزايع لا نهاية له لو ابتعد عنه وأسقطه .

ومع ذلك فقد كان فريدمان الرياضي الروسي قد أوضح في العشرينات من هذا القرن أن فرضاً آخر كان طبيعياً من زاوية نظرية بحتة . لقد أدرك أنه كان ممكناً الاحتفاظ بالفرض الأول دون إدخال الحد الكوني المتكلف

في معادلات المجال الجاذبية إذا كنا على استعداد للتخلي عن الفرض الثاني -  
أى أن معادلات المجال الأصلية تقبل حلاً يتوقف فيه « نصف قطر العالم »  
على الزمن (تمدد الفضاء) وبهذا المعنى يمكن القول مع فريدمان إن نظريته  
تستوجب تمدد الفضاء .

لم تمض بعد ذلك سوى سنوات قلائل حتى استطاع هبل أثناء بحث  
خاص عن سدم نهر المجرة أن يوضح أن خطوط الطيف يظهر فيها انتقال  
نحو الأحمر يزداد بانتظام مع بعد هذه السدم ، ولا يمكن تفسير هذا الأمر  
تبعاً لمعلوماتنا الراهنة إلا وفق مبدأ دو بلر أى باعتباره حركة تمدد بين  
النجوم كما تستوجبه - تبعاً لفريدمان - معادلات الجاذبية . وعلى ذلك  
يعتبر اكتشاف هبل تأييداً للنظرية ولو إلى حد ما ولو أنه ظهر تبعاً لذلك  
أنه يشير مشكلة على وجه كبير من الغرابة .

إن تفسير انتقال خطوط الطيف نحو الأحمر الذى اكتشفه هبل فى  
سدم المجرة على أنه تمدد (وليس من السهل إنكار ذلك من الناحية النظرية)  
يؤدى بنا إلى الاعتقاد بأن بداية هذا التمدد كانت منذ ١٠ سنة فقط بينما  
يبدو تبعاً للفلك الفزيائى أن تكوين النجوم والمجموعات النجمية استغرق  
وقتاً أطول من ذلك بكثير وليس هناك بارقة أمل تشير إلى الطريقة التى  
سنتغلب بها على هذا النشوز الفريد .

وأود فوق ذلك أن أبدي ملحوظة بأن نظرية الفضاء المتمدد هى  
والمدلولات التجريبية للفلك معاً لا تسمحان باتخاذ قرار حول طابع نهاية  
أولاً نهاية الفضاء ( ثلاثى الأبعاد ) بينما يخضع الفرض « الاستاتيكي »  
الأصلى للفضاء لإغلاق الفضاء (نهائيته) .

## الملاحق الخامس

### النسبية ومشكلة الفضاء

من سمات فيزياء نيوتن البارزة أنه كان عليها أن تعطي كلا من الزمان والمكان وجوداً مستقلاً وحقيقياً مثل ما للبادء لأن فكرة العجلة تظهر في قانون نيوتن للحركة . ولكن العجلة لا يمكن أن تشير في هذه النظرية إلا إلى العجلة بالنسبة إلى المكان .

وهكذا لا مندوحة من اعتبار المكان بالنسبة إلى نيوتن كما لو كان ساكناً أو على الأقل ليس معجلاً حتى يمكن لنا أن نعتبر العجلة التي تظهر في قانون الحركة مقداراً له معنى ما . وينطبق هذا أيضاً على الزمن الذي يدخل طبعاً هو الآخر في تصور العجلة . ولقد شعر نيوتن نفسه وأكثراً معاصريه تحمراً بأ كبر الجرج من وجوب إعطاء كل من المكان ، نفسه وكذلك حالته من الحركة واقعاً فيزيائياً . . ولكنه لم يكن هناك بد من ذلك في تلك الأيام لكي تحتفظ الميكانيكا بمعنى واضح .

إنه حقاً ضرب من المغالاة والتعنت أن نعطي المكان عموماً حقيقة فيزيائية خصوصاً الفضاء الفارغ ولهذا كان الفلاسفة منذ أقدم العصور يرفضون مراراً وتكراراً مثل هذا الفرض . خذ مثلاً ديكارت لقد كان يرى أن الفضاء صنو للامتداد والامتداد متعلق بالأجسام وعلى ذلك لا يمكن أن يكون هناك فضاء دون أجسام أى أنه ليس هناك فضاء فارغ ، وضعف هذه الحججة يكمن أصلاً فيما يلي : من المؤكد أن التصور امتداد

تولد أصلاً عن تجاربنا في إبعاد أو تقريب الأجسام الجاسئة من بعضها البعض  
ولكننا لا نستطيع استناداً إلى هذا أن نقطع أن تصور الامتداد لا تؤيده  
حالات أخرى لم تشترك بذاتها في تكوينه . ومثل هذا التوسيع في التصورات  
يمكن أن تبرره فائدته وجدواه في تفسير النتائج التجريبية .

من هذا نرى أن التأكيد بأن الامتداد وقف على الأجسام تأكيدي  
حد ذاته لا أساس له من الصحة . ومع ذلك سوف نرى فيما بعد أن نظرية  
النسبية العامة تذهب تقريباً إلى ما ذهب إليه ديكرت . إن الدافع الذي  
حدا ديكرت إلى اتخاذ هذا الرأي الخلاب جداً هو شعوره بأنه لا يجوز  
أن نعطي جزافاً حقيقة شيء مثل الفضاء لا يمكن « مكابذته مباشرة »<sup>(1)</sup> .

إن الأصل السيكولوجي لفكرة الفضاء أو للزومها بعيد جداً عن  
الوضوح ولو أننا كثيراً ما نضن أنسياقاً مع مالوف عاداتنا الفكرية أنه أمر  
واضح للعيان . لقد كان القذافي من علماء الهندسة يعالجون أشياء تصورية  
( الخط المستقيم والنقط والسطح ) لا الفضاء بالذات . إنما حدث هذا بعد  
ذلك في الهندسة التحليلية . وفكرة الفضاء برغم هذا فكرة توحى بها إلهاء  
قويماً بعض التجارب البدائية البسيطة . تخيل أننا صنعنا صندوقاً . أننا  
نستطيع أن نرتب الأشياء بطريقة معينة داخل الصندوق حتى يمتلئ وإمكان  
مثل هذه الترتيبات أمر يتعلق بالشئ المادي الصندوق . إنه شيء ملازم  
للصندوق وإنه الفضاء الذي يحتويه الصندوق وهو شيء يختلف باختلاف  
الصناديق . شيء يعتقد طبعاً أنه مستقل عن كون الصندوق به أو ليس به  
إطلاقاً في أية لحظة أي أجسام وعندما لا يكون في الصندوق أشياء يبدو  
فضاؤه « فارغاً » .

وإلى هنا ارتبط تصورنا للفضاء بالصندوق ولكنه واضح مع ذلك أن

(1) يجب ان يؤخذ هذا التغيير على علاته .

إمكانيات التخزين التي تكسب فضاء الصندوق مستقلة تماماً عن سمك جوائبه .  
أليس ممكناً أن نضغط هذه الجدران ونختزلها إلى أن تختفي من الوجود تماماً .  
ومع ذلك يتبقى الفضاء الذي كانت تضمه هذه الجدران ؟ لا مراء في أن عملية  
التحديد هذه أمر طبيعي جداً وهكذا يتبقى لدينا فكراً الفضاء — دون  
ما حاجة إلى الصندوق — شيئاً واضحاً من تلقاء نفسه ، ولو أنه يبدو لنا وهماً  
إذا ما غاب عنا أصل هذا التصور . وهذا يفسر لماذا كره ديكارت أن يعتبر  
الفضاء شيئاً مستقلاً عن الأجسام المادية أعني شيئاً يمكن أن يوجد دون  
المادة (1) ( وفي نفس الوقت لا يمنع هذا ديكارت من اعتبار الفضاء تصوراً  
أساسياً في هندسته التحليلية ) ولقد جرد اكتشاف وجود فراغ في البارومتر  
الزئبقي آخر أنصار ديكارت من كل أسلحتهم ومع ذلك فلا سبيل إلى إنكار  
أنه حتى في هذا الطور البدائي علق كثير من عدم الرضا والارتباب بتصوير  
الفضاء أو بالفضاء على اعتباره شيئاً حقيقياً مستقلاً .

إن الطرق التي يمكن تبعاً لها حشد الأجسام في الفضاء ( الصندوق )  
هي في الحقيقة موضوع بحث الهندسة الإقليدية ثلاثية الأبعاد ولو أن بناءها  
البدهي يخذلنا إذ يجعلنا ننسى أنها تتعلق بمواقف يمكن تحقيقها .

والآن إذا كان تصور الفضاء قد نشأ على هذه الصورة فإنه يكون أصلاً  
في ضوء تجربة ملء الصندوق فضاء محدوداً ، وعلى ذلك فهذا التحديد  
لا يبدو أساسياً لأنه واضح أنه يمكن دائماً تصور صندوق أكبر يمكن أن

---

(1) حاول كانت التخلص من هذه الورطة فأنكر موضوعية الفضاء ،

ولكن هذا الأمر لا يمكن أخذه على محمل الجد فإمكانيات التخزين في الفضاء  
وداخل الصندوق وان كانت ملازمة له لها نفس الوجود الموضوعي الذي  
للصندوق نفسه وللأجسام التي توضع فيه .

يحتوي الصندوق الأصغر وبهذه الطريقة يبدو الفضاء كشيء غير محدود .

ولن أحاول هنا تقصي نشأة تصوري الفضاء ثلاثي الأبعاد وطبيعته الإقليدية راجعاً بهما إلى تجارب بدائية نسيباً إنما أفضل على ذلك أن أستعرض من زوايا أخرى دور تصور الفضاء في تقدم ونمو الفكر الفزيائي .

إننا إذا وضعنا صندوقاً صغيراً ( ص ) ساكناً نسيباً داخل صندوق فارغ أكبر منه ( ص' ) يصبح فضاء ( ص ) الفارغ جزءاً من فضاء ( ص' ) الفارغ ويصبح نفس الفضاء الذي يحويهما ملكاً مشاعاً لهما . وإذا كان ( ص ) متحركاً بالنسبة إلى ( ص' ) يتعقد الأمر ويميل المرء إلى اعتبار ( ص ) يتضمن دائماً نفس الفضاء واسكنه جزء متغير من فضاء ( ص' ) وعند ذلك يصبح ضرورياً أن يختص كل صندوق بفضائه الخاص باعتباره غير محدود وأن نفرض أن هذين الفضاءين يتحركان بالنسبة إلى بعضهما البعض .

ويبدو لنا الفضاء قبل أن تتمثل تماماً هذا التعقيد كأنه وسط غير محدود أو وعاء تهم فيه الأجسام المادية سباحة . ولكن أصبح الآن لزاماً علينا أن نذكر أن هناك عدداً لا حصر له من الفضاءات التي تتحرك بالنسبة إلى بعضها البعض . وتصور الفضاء باعتباره شيء موجود موضوعياً ومستقلاً عن بقية الأشياء تصور يرجع إلى فكر ما قبل العلم بخلاف فكرة وجود عدد لا نهائي من الفضاءات تتحرك بالنسبة إلى بعضها البعض . فهذه الفكرة الأخيرة تفرض نفسها منطقياً واسكنها — وهذا أمر في غاية الغرابة — لم تلعب أي دور هام حتى في الفكر العلمي .

الآن وقد وضح أمامنا الأصل السيكولوجي لتصور المكان يحق لنا أن نتساءل : ما هو الأصل السيكولوجي لتصور الزمان . . . ؟ لا شك في أن هذا التصور مرتبط بمسألة «التذكرة» كما هو مرتبط بالتمييز بين التجربة الحسية واستعادة ذكرى هذه التجربة . ومن المشكوك فيه في حد ذاته أن

يكون التمييز بين التجارب الحسية واستعادة ذكرى هذه التجارب (أو التخيل للبيسط لها) شيء قد أعطى لنا سيكولوجياً مباشرة . فكل منا قد عانى الشك فيها إذا كان قد كابد فعلاً إحساساً أو أنه حلم به فقط ومن المحتمل أن تكون القدرة على التمييز بين هذين البديلين نابعة من القدرة الخلاقة للنخ .

إننا نربط بين التجربة و«الذكرى» ونعتبرها أسبق بالمقارنة «بالتجارب الراهنة» وهذا مبدأ ترتيبي ذهني لذكريات التجارب وإمكان تحقيق هذا المبدأ يعطينا التصور الذاتي للزمن أي ذلك التصور الذي يرجع إلى ترتيب تجارب الفرد .

ولكن ماذا نعني بجعل تصور الزمن موضوعياً ؟ دعنا نتأمل مثلاً يوضح لنا ذلك . هب أن أحداً من الناس ( انا ) شاهد البرق وأنه في نفس الوقت شاهد سلوكاً للشخص ب يتم عن ارتباطه بنفس تجربته هو «مشاهدة البرق» هكذا يشترك ( ب ) في تجربة مشاهدة البرق ، وعلى ذلك تتولد عند ( ا ) فكرة أن أشخاصاً آخرين يشتركون معه في نفس التجربة وهكذا تصبح مشاهدة البرق بعد أن كانت تجربة شخصية محضة ، تجربة للآخرين ( أو في النهاية مجرد تجربة ممكنة الوجود ) على هذا النحو نجد أن التفسير «أنها تبرق» الذي وعيناه أول الأمر كتجربة شخصية قد أصبح الآن يفسر أيضاً على أنه حادثة ( موضوعية ) وهي بهذا الشكل مثل «أور من لكل الحوادث التي نعنيها عند الكلام عن «العالم الخارجي الحقيقي» .

لقد رأينا أننا مسوقون إلى أن نرتب تجاربنا ترتيباً زمنياً يجري على هذا النحو : إذا كان ( ب ) متأخراً بالنسبة إلى ( ا ) ( ج ) متأخراً بالنسبة إلى ( ب ) يكون ( ح ) متأخراً بالنسبة إلى ( ا ) أيضاً ( تتابع التجارب ) . ولكن ماهو وضع الحوادث التي ربطناها مع التجارب بهذا الخصوص ...؟ يبدو واضحاً لأول وهلة أن هناك ترتيباً زمنياً للحوادث يتفق مع الترتيب الزمني للتجارب . لقد كان هذا هو المتبع بوجه عام على غير وعى إلى أن

ظهرت في الأفق شكوك خاصة<sup>(١)</sup> . وحتى نصل إلى فكرة العالم الموضوعي فلا نزال في حاجة إلى تصور بناء آخر . إن الحادثة ليست محددة الموقع بالنسبة إلى الزمن فقط بل وبالنسبة إلى المكان أيضاً .

لقد حاولنا فيما تقدم من السطور أن نصف كيف يمكن أن نربط سيكولوجياً بين تصورات : المكان والزمن والحادثة من ناحية والتجارب من الناحية الأخرى . وهذه التصورات من ناحية المنطق ابتكارات حرة للعقل البشري . إنها أدوات للفكر القصد منها ربط التجارب فيما بينها بصلة حتى يمكن أن نحصلها جيداً . ومحاولة إدراك الأصول التجريبية التي نبعت منها هذه التصورات الأساسية يجدر بها أن توضح لنا مدى تقيدها فعلاً بهذه التصورات ، وبهذا الشكل نصبح على بينة من مدى حريتنا التي يصعب علينا غالباً عند الاقتضاء استغلالها استغلالاً معقولاً .

ولا زال أمامنا اعتبار أساسي يجب إضافته إلى هذه الصورة وهو يتعلق بالأصل السيكولوجي لتصورات المكان - زمن - حادثة (وسنسميها بالاختصار شبه الفضائية على عكس التصورات من المحيط السيكولوجي) . فلقد ربطنا الفضاء مع تجارب تستخدم الصناديق وترتيب الأجسام المادية فيها . وهكذا يفترض هذا التكوين لهذه التصورات سبق وجود تصور الأجسام المادية ( أي الصناديق ) وكذلك يلعب بنفس الطريقة الأشخاص الذين كان لزاماً أن تدخلهم حتى يتكون التصور الموضوعي للزمن دور الأجسام المادية بهذا الخصوص ولذلك يبدو لي أن تكوين تصور الجسم المادي يجب أن يسبق تصوراتنا للمكان والزمان .

وكل هذه التصورات شبه الفضائية تتعلق فعلاً بعصر ما قبل العلم

---

(١) فترتيب التجارب زمنياً تبعاً للوسائل السمعية مثلاً يمكن أن يختلف عن ترتيبها زمنياً تبعاً للوسائل البصرية بحيث يتعدى تطابق التتابع الزمني للحوادث مع التتابع الزمني للتجارب .



جنباً إلى جنب مع تصورات من المجال النفسى مثل الألم والهدف والغرض . . . إلخ ولكنه من سمات الفكر فى الفيزياء كما هو من خصائص الفكر فى العلم الطبيعى عامة أن يسعى من حيث المبدأ ألا يلبجأ إلا إلى التصورات « شبه الفضائية » وحدها ، وأن يجتهد فى التعبير بوساطتها عن كل العلاقات على شكل قوانين . فعالم الفيزياء يجتهد أن يرد الألوان وانغمات إلى اهتزازات كما يجتهد عالم الفسيولوجى فى رد الفكر والألم إلى عمليات عصبية بشكل يستبعد العنصر النفسى بذاته ( من حيث هو عنصر نفسى ) من سلسلة الاتصال السببية للوجود . وهكذا لا يتدخل هذا العنصر فى أى مكان كحلقة مستقلة فى الارتباطات السببية . ولا شك أن هذا الوضع الذى يعتبر أن إمكان فهم كل العلاقات أمر مرهون باستعمال التصورات « شبه الفضائية » وحدها هو من حيث المبدأ ما يقصد التعبير عنه هذه الأيام « بالمادية » ( طالما أن المادة قد فقدت دورها كتصور أساسى ) .

ولكن ؛ لماذا كان علينا أن ندحرج الأفكار والتصورات الأساسية عن الفكر فى العلم الطبيعى من علياء سمائها عند جبال أولمب فى أحضان أفلاطون ومحاولين الكشف عن منبتها الأرضى . . . ؟ لعل ذلك كان أفضل وسيلة لتخليص هذه الأفكار وتحريرها من ربة الطلسم الذى ضرب عليها . وهكذا تحقق حرية أكبر فى تكوين الأفكار والتصورات . والفضل الأكبر فى ذلك يرجع إلى خالدى الذكر دافيد هيوم وأرنست ماك فهما اللذان سبقا الجميع إلى هذا الفهم الناقد .

لقد أخذ العلم عن فكر ما قبل العلم التصورات فضاء ، زمن ، والجسم المادى ( مع الحالة الخاصة الهامة « الجسم الجاسى » ، وحوورها وجعلها أكثر دقة فأبنت وكانت أولى ثمراتها الهامة هندسة إقليدس التى يجب أن لا تحجب صيغتها البديهية عن أعيننا منبتها التجريبي (إمكان إزاحة الأجسام عن بعضها البعض أو رصها فوق بعضها البعض) وعلى الأخص طبيعة الفضاء ثلاثية الأبعاد وطابعه الإقليدى فهذا كله أيضاً تجريبي الأصل . ( يمكن ملؤه كله « بمكعبات » متشابهة البناء ) .

وتسمى تصور الفضاء كثيراً بعد أن اكتشفنا أنه ليس هناك أجسام  
تامة الجساءة فكل الأجسام مرنة إن قليلاً أو كثيراً وتتغير أحجامها تبعاً  
لتغير درجة حرارتها أيضاً . وعلى ذلك فالإنشاءات التي يجب وصف تطابقتها  
الممكنة بوساطة هندسة إقليدس لا يمكن تمثيلها بعيداً عن التصورات  
الفيزيائية . ولكن لما كانت الفيزياء آخر الأمر مضطرة إلى استخدام  
الهندسة في إقامة تصوراتها فإن المضمون التجريبي للهندسة لا يمكن تقريره  
أو اختباره إلا في إطار الفيزياء كلها .

ويجب أن لا يغيب عن بالنا في هذا الخصوص الفكرة الذرية (الذريات)  
وتصورها عن القابلية للانقسام المحدد لأن الفضاءات ذات الامتداد دون  
الذري لا يمكن قياسها . وتضطرنا الذريات أيضاً إلى التخلي من حيث المبدأ  
عن فكرة السطوح المحددة تماماً واستاتيكية والتي تحد الأجسام الصلبة .  
وليس هناك إذا راعينا الدقة قوانين دقيقة حتى على مستوى الحيز الكبير  
للتشكيلات الممكنة للأجسام الجاسئة التي تتلامس .

وعلى الرغم من هذا لم يفكر أحد في التخلي عن تصور الفضاء لأنه  
كان يبدو مما لا يمكن الاستغناء عنه في مجموع نظام العلم الطبيعي ، وكان  
مرضياً جداً . ولقد كان ماك في القرن التاسع عشر هو الوحيد الذي فكر  
جدياً في حذف تصور الفضاء ، عندما فكر في أن يستبدله بفكرة مجموع  
المسافات اللحظية بين كل النقط المادية ( لقد حاول ذلك ابتغاء الوصول إلى  
فهم أكل للقصور الذاتي ) .

### المجال

يلعب الفضاء والزمن في ميكانيكا نيوتن دوراً مزدوجاً، فهما أولاً يؤديان  
دور الحامل أو الهيكل لما يحدث في الفيزياء والذي تستند إليه وصف الحوادث  
عن طريق إحداثيات المكان والزمن . وتعتبر المادة من حيث المبدأ مكونة  
من «نقط مادية» تكون حركاتها الحوادث الفيزيائية . وعندما تعتبر المادة

مستمرة البناء ، لا يكون ذلك إلا مؤقتاً في تلك الحالات التي لا نريد أو  
لا نستطيع أن نصف البناء الجببي . وفي هذه الحالة تعامل الأجزاء الصغيرة  
( عناصر الحجم ) من المادة معاملة النقط المادية على الأقل طالما كنا نهم  
بمجرد الحركات لا بالوقائع التي ليس ممكناً الآن ، أو لا فائدة ترجى من  
إسنادها للحركات ( أى تغيرات درجة الحرارة أو العمليات الكيميائية )  
أما الدور الثاني للفضاء والزمن فقد كان يتلخص في أنهما « مجموعة  
قصورية » وكانت المجموعات القصورية تمتاز دائماً على كل مجموعات  
الإسناد الممكن صورها بأن قانون القصور الذاتي صحيح بالنسبة لها .

والنقطة الأساسية في كل هذا هي أن الحقيقة الفيزيائية — ونعتبرها مستقلة  
عن الأشخاص الذين يكادونها — تبين أنها تتكون على الأقل من حيث المبدأ  
من المكان والزمن من ناحية والنقط المادية دائمة الوجود من الناحية  
الأخرى والتي تتحرك بالنسبة للزمن والفضاء . ويمكن التعبير بشكل عنيف  
عن فكرة الوجود المستقل للزمن والمكان على هذا النحو . لو كان لزاماً  
أن تختفي المادة لبقى الزمن والمكان وحدهما ( كنوع من المسرح للحوادث  
الفيزيائية ) .

ولقد جاء تذييل هذه العقبة نتيجة لتقدم كان يبدو لأول وهلة عديم  
الصلة بمشكلة المكان — زمن . . وأعني به ظهور « تصور المجال » وخاياته  
الأخيرة هي أن يحل من حيث المبدأ محل فكرة الجسم ( النقطة المادية ) .  
ولقد ظهر تصور المجال في هيكل الفيزياء الكلاسيكية على أنه تصور مساعد  
في الحالات التي عولجت فيها المادة باعتبارها متصلاً . مثال ذلك : عند  
معالجة توصيل الحرارة في جسم جاسئ . توصف حالة الجسم بذكر درجة  
الحرارة في كل نقطة من نقطه عند كل لحظة محددة . وهذا يعنى رياضياً  
أن درجة الحرارة « تصور على أنها تعبير رياضى ( دالة ) لإحداثيات  
المكان والزمن ز ( مجال درجة الحرارة ) ويمثل قانون توصيل الحرارة

على أنه علاقة محلية ( معادلة تفاضلية ) تضم كل الحالات الخاصة لتوصيل الحرارة . ودرجة الحرارة هنا مثال بسيط لتصور المجال في كمية ( أو مركب كميات ) تكون دالة للإحداثيات والزمن . وهناك مثال آخر هو وصف حركة السائل . ففي كل نقطة من نقطه توجد في أية لحظة سرعة . توصف كميأ بمركباتها الثلاث بالنسبة إلى محاور مجموعة إحداثيات ( متجه ) ومركبات السرعة في نقطة ما هنا أيضاً ( مركبات المجال ) دوال للإحداثيات ( ص ٦٠ ص ٦١ ) والزمن ز .

ومن مميزات المجالات التي ذكرناها أنها تحدث فقط داخل كتلة ذات وزن . وهي تستخدم فقط لوصف حالة ما لهذه المادة . وتمشياً مع التطور التاريخي لتصور المجال نجد أنه لا يمكن أن يوجد المجال حيث لا توجد المادة . ولكن ظهر في الربع الأول من القرن التاسع عشر أن ظواهر حركة الضوء والتداخل يمكن تفسيرها بوضوح مذهل باعتبار الضوء مجال موجي يشبه تماماً مجال الاهتزاز الميكانيكي في جسم جاسيء مرن . وهكذا نشأت ضرورة إدخال مجال يمكن أيضاً أن يوجد في الفضاء الفارغ ، في غياب المادة ذات الوزن .

ولقد أدت بنا هذه الحالة إلى موقف غاية في الإشكال . ذلك لأن تصور المجال في أول ظهوره كان - تمشياً مع نشأته - مقصوراً على وصف حالات في داخل الجسم ذي الوزن ، وكان هذا يبدو مؤكداً بقدر اقتناعنا بأن كل مجال يجب أن يعتبر حالة قابلة للتفسير الميكانيكي ، وكان هذا الأمر يفترض مقدماً وجود المادة ولهذا أصبحنا مضطرين حتى في الفضاء الذي اعتبرناه حتى الآن خالياً إلى افتراض وجود شكل من المادة في جميع أجزائه وسمى هذا الشكل الأثير .

ولقد كان تخلص تصور المجال من زعم ارتباطه بفكرة حامل ميكانيكي حدثاً من أهم الأحداث سيكولوجياً التي دفعت الفكر الفيزيائي إلى الأمام .

فقد اتضح خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر بوضوح متزايد مرتبط مع أبحاث فراداي وماكسويل أن التعبير عن العمليات الكهرومغناطيسية في حدود المجال أفضل كثيراً من التعبير عنها على أساس التصورات الميكانيكية للنقط المادية . ولقد نجح ماكسويل بتطبيق فكرة المجال في التنبؤ بوجود الأمواج الكهرومغناطيسية التي لم يكن تاملها الأساسي مع أمواج الضوء موضع شك نظراً لأن سرعة كليهما واحدة . وتبعاً لهذا ابتلعت من حيث المبدأ الكهرباء الديناميكية علم البصريات ، وكان الأثر البيكولوجي لهذا التقدم الهائل هو أن اكتسب تصور المجال تدريجياً استقلالاً أكبر من مواجهة الهيكل المكينى للفيزياء الكلاسيكية .

ومع هذا فقد كان من المسلم به أول الأمر أن المجالات الكهرومغناطيسية يجب تفسيرها على اعتبارها حالات للأثير وحاول العلماء بكل عناية ونشاط تفسير هذه الحالات ميكانيكياً . ولكن بعد أن تعثرت هذه المحاولات وباءت بالفشل بصورة مستمرة أخذ العلم يقلع تدريجياً عن هذه المحاولات . ولو أن الاقتناع بأن المجالات الكهرومغناطيسية لا مناص من اعتبارها حالات للأثير ظل باقياً . وكان هذا هو الموقف حتى مطلع هذا القرن .

ولقد قامت في أعقاب نظرية الأثير هذه الأسئلة : كيف يسلك الأثير من وجه النظر الميكانيكية بالنسبة إلى الأجسام ذات الوزن ؟ هل يلعب دوراً في حركات الأجسام أم تظل أجزاءه في حالة سكون بالنسبة إلى بعضها البعض ؟ . ولقد أجريت تجارب فذة للإجابة على هذه الأسئلة ولا بد لنا أن نذكر بهذا الخصوص الوقائع التالية المهمة : زوجان النجوم الثابتة تبعاً لحركة الأرض السنوية و «أثر دوبلر» أى تأثير الحركة النسبية للنجوم الثابتة على تردد الضوء الذى يصل إلينا منها بالمقارنة بالترددات المعروفة للإرسال . ولقد استطاع هـ . لورنتز تفسير جميع هذه الأمور والتجارب ما هذا واحدة هي تجربة ميكلسن - مورلى - على أساس أن الأثير

لا يشترك في حركة الأجسام ذات الوزن وأن أجزاءه لا تتحرك إطلاقاً بالنسبة إلى بعضها البعض. وهكذا ظهر الأثير كما لو كان تجسيدا للفضاء الساكن إطلاقاً . ولكن أبحاث لورنتز ذهبت إلى أبعد من ذلك فقد فسرت كل العمليات الكهرومغناطيسية والبصرية داخل المادة ذات الوزن والتي كانت معروفة في ذلك الحين على أساس أن تأثير الأجسام ذات الوزن على المجال الكهربائي - والعكس - راجع إلى مجرد أن الجسيمات التي تكون المادة تحمل شحنات كهربائية تشترك مع الجسيمات في الحركة . أما فيما يتعلق بتجربة ميكلسن - مورلي فقد أوضح لورنتز أن نتيجةها لا تتعارض على الأقل مع نظرية الأثير الساكن .

وعلى الرغم من هذه الانتصارات الرائعة لم تكن حالة النظرية مرضية تماماً للأسباب التالية . أن الميكانيكا الكلاسيكية - وليس هناك شك في أنها تتفق والواقع - كتقريب أول تعلمنا تكافؤ كل المجموعات القصورية أو «الفضاءات» القصورية لصياغة القوانين الطبيعية أي عدم تغير هذه القوانين عند الانتقال من مجموعة قصورية إلى أخرى . وتعلمنا «التجارب» الكهرومغناطيسية والبصرية نفس الشيء بدقة فائقة في حين أن أساس النظرية الكهرومغناطيسية يعلمنا أن مجموعة قصورية خاصة يجب أن تعطى الأفضلية وهي الأثير المضيء الساكن . وهذه النظرة التي انطوى عليها الأساس النظري كانت غير مرضية إلى أبعد الحدود ، فحل هناك تعديل لهذا الأساس يجعل - كما في الميكانيكا الكلاسيكية - تكافؤ المجموعات القصورية حقيقة واقعة ( مبدأ النسبية الخاصة ) . . . ؟

إن الجواب على هذا السؤال هو نظرية النسبية الخاصة ، وتحتفظ من نظرية ماكسويل - لورنتز بفرض ثبوت سرعة انتقال الضوء في الفضاء الخالي . وحتى يكون هناك توافق تام بين هذا وبين تكافؤ المجموعات

القصورية (مبدأ النسبية الخاص) لا بد من التخلي عن فكرة الطابع المطلق للآنية . وبالإضافة إلى ذلك لا بد من تطبيق تحويلات لورنتز لإحداثيات المكان والزمن عند الانتقال من مجموعة قصورية إلى أخرى . إن كل مضمون النظرية النسبية الخاصة يتضمنه هذا الفرض : « جميع قوانين الطبيعة لا تتغير بالنسبة لتحويلات لورنتز » . وأهم ما في هذا القيد هو أنه يحدد قوانين الطبيعة الممكنة بصورة محددة واضحة للعالم .

والآن ما هو وضع نظرية النسبية الخاصة بالنسبة إلى مشكلة الفضاء . . ؟  
أولا يجب أن نحذر الرأي القائل بأن رباعية أبعاد الحقيقة أدخلت حديثاً لأول مرة بوساطة هذه النظرية في الفيزياء فحتى في الفيزياء الكلاسيكية كانت الحادثة يحدد موقعها بأربعة أعداد: ثلاثة إحداثيات مكانية وإحداثي زمني . وعلى ذلك كان مجموع الحوادث الفيزيائية موسداً في متنوع مستمر رباعي الأبعاد ؛ ولكن هذا المتصل الرباعي الأبعاد ينقسم موضوعياً تبعاً للميكانيكا الكلاسيكية إلى زمن أحادي الأبعاد وإلى قطاعات مكانية ثلاثية الأبعاد . ويحتوي الفريق الأخير منها على الحوادث الآنية وهذا الانقسام واحد بالنسبة لكل المجموعات القصورية . وتزامن حادثين معينتين بالنسبة إلى مجموعة قصورية واحدة يعني آنية هاتين الحادثتين بالنسبة إلى كل مجموعات الإسناد القصورية . وهذا هو المعنى الذي يقصده عندما نقول إن الزمن في الميكانيكا الكلاسيكية مطلق ولكن الزمن من وجهة نظر نظرية النسبية الخاصة ليس كذلك . صحيح أن جماع الحوادث الآنية مع حادثة مختارة قائم بالنسبة إلى مجموعة قصورية خاصة ولكنه لم يعد مستقلاً عن اختيار مجموعة الإسناد . إن المتصل الرباعي الأبعاد لم يعد الآن قابلاً للانقسام موضوعياً إلى قطاعات كل منها يحوي حوادث آنية . إن « الآن » تفقد بالنسبة للعالم الذي هو امتداد فضائي ، معناها الموضوعي ولأجل هذا يجب اعتبار

الزمن والمكان متصلين رباعياً الأبعاد غير قابل للانقسام موضوعياً . إذا كنا نريد أن نعبر عن مضمون العلاقات الموضوعية دون تعسفات اتفاقية غير ضرورية .

ولما كانت نظرية النسبية الخاصة قد أوضحت التكافؤ الفيزيائي لكل المجموعات القصورية فقد أثبتت أن فرض الأثير الساكن لا عمل له . وعلى ذلك أصبح ضرورياً أن نتخلى عن فكرة أن المجال الكهرومغناطيسي يجب أن يعتبر كمجرد حالة لحامل مادي . وهكذا دخل المجال من أوسع الأبواب وأصبح عنصراً لا يستغنى عنه في الوصف الفيزيائي له نفس الأهمية التي لتصور المادة في نظرية نيوتن .

لقد وجهنا جل اهتمامنا حتى الآن إلى الوقوف على أوجه التحوير والتعديل الذي أدخلته نظرية النسبية الخاصة على تصوري المكان والزمن . ودعنا الآن نلقي نظرة على العناصر التي نقلتها هذه النظرية عن الميكانيكا الكلاسيكية . هنا أيضاً لا تكون القوانين الطبيعية صحيحة إلا إذا اتخذنا مجموعة قصورية أساساً لوصف الزمن مكان . إن مبدأ القصور ومبدأ ثبوت سرعة الضوء صحيحان بالنسبة إلى مجموعة قصورية فقط ولا يمكن أن تكون قوانين المجال أيضاً صحيحة أو ذات معنى إلا بالنسبة إلى المجموعات القصورية فقط ، وهكذا كما في الميكانيكا الكلاسيكية نجد أن المكان هنا أيضاً مركبة مستقلة في تمثيل الحقيقة الفيزيائية فإذا تخيلنا زوال المادة والمجال بقي المكان القصوري أو على الأدق بقي هذا المكان والزمن الذي يتصل به . إن الفكرة السائدة عن البناء الرباعي الأبعاد ( فضاء منكوفسكي ) هو أنه حامل للمادة والمجال أما الفضاءات القصورية مع الأزمنة المتصلة بها فمجرد مجموعات إحدائية ممتازة تتصل أو ترتبط معاً بواسطة تحويلات لورنتز الخطية . وحيث إنه لم يعد يوجد في هذا البناء رباعي الأبعاد أي قطاع يمثل « الآن » ، موضوعياً فإن تصوري الحدوث والضرورة لم يتوقفاً أو يلغيا



تماماً ولكنهما تعقدا للغاية وعلى ذلك يبدو طبيعياً جداً أن نعتبر الحقيقة  
الفيزيائية وجوداً رباعى الأبعاد بدلاً من اعتبارها كما فعلنا حتى الآن تطوراً  
لوجود ثلاثى الأبعاد .

وهذا الفضاء الجاسى رباعى الأبعاد فى نظرية النسبية الخاصة هو إلى  
حد ما نظير رباعى الأبعاد لآثير لورنتز الجاسى ثلاثى الأبعاد وبالنسبة إلى  
هذه النظرية أيضاً نرى أن ما يلى صحيح : — إن وصف الحالات الفيزيائية  
يفترض أن المكان موجود من قبل وأن وجوده مستقل ، وهكذا نجد أنه  
حتى هذه النظرية لا تبدد ضيق ديكرت فيما يتعلق بالوجود المستقل  
أولاً ، وحققاً للفضاء الفارغ ، إن الهدف الحقيقى للمناقشة الأولية التى  
قدمناها هنا هو أن نوضح إلى أى مدى تغلبت نظرية النسبية العامة على  
هذه الشكوك .

### تصور الفضاء فى نظرية النسبية العامة

لقد نشأت هذه النظرية أصلاً من محاولة لفهم تساوى الكتلة  
القصورية والكتلة الجاذبية . والآن دعنا نبدأ من مجموعة قصورية  $S_1$   
فضاؤها من وجهة النظر الفيزيائية فارغ أو بعبارة أخرى لا يواجه فى الجزء  
من الفضاء محل الاعتبار أية مادة ( بالمعنى المعتاد ) ولا أى مجال ( بالمعنى  
المقصود فى نظرية النسبية الخاصة ) وهب أن هناك بالنسبة إلى  $S_1$  مجموعة  
إسناد أخرى  $S_2$  تتحرك بعجلة منتظمة . وعلى ذلك لا تكون  $S_2$  بهذا  
الشكل مجموعة قصورية بالنسبة إلى  $S_1$  سوف تتحرك كل كتلة اختبارية  
بعجلة مستقلة عن طبيعتها الفيزيائية والكيميائية وعلى ذلك يكون هناك بالنسبة  
إلى  $S_2$  حالة هى على الأقل تقريب أو على الأقل إلى مجال الجاذبية . وهكذا يكون  
التصور التالى متفقاً مع الوقائع المشاهدة : إن  $S_2$  تكافئ أيضاً مجموعة  
قصورية ، ولكن يوجد بالنسبة لها مجال جاذبى ( متجانس ) ( لا داعى

للتعرض لمصدره هنا) وهكذا تفقد المجموعة القصورية مغزاها الموضوعي  
عندما يتدخل المجال الجاذبي في هيكل الموضوع إذا سلينا بأن «مبدأ التكافؤ»  
هذا يمكن أن يمتد الى أية حركة نسبية كانت لمجموعة الإسناد . إتنا إذا  
استطعنا أن نضع نظرية متماسكة على أساس هذه الأفكار فإنها ستنتفق تلقائيا  
مع حقيقة تساوي الكتلة الجاذبية والكتلة القصورية وهي حقيقة تؤيدها  
التجربة بقوة .

ومن وجهة النظر رباعية الأبعاد يناظر الانتقال من  $S_1$  الى  $S_2$   
تحويلا لا خطيا للإحداثيات الأربعة وهنا يواجهنا هذا السؤال : أي أنواع  
التحويلات الخطية هو المسموح به ؟ أو كيف يمكن تعميم تحويل لورنتز . . . . ؟  
وللإجابة على هذا السؤال يعتبر ما يلي حاسماً :

إتنا نخص المجموعة القصورية في النظرية الأسبق بهذه الخاصية تقاس  
الفروق بين الإحداثيات بقضبان القياس الجاسئة الثابتة وتقاس الفروق  
في الزمن بالساعات الساكنة . وأول هذين الفرضين يكمله فرض آخر ينص  
على أن نظريات إقليدس عن الأطوال تنطبق على عمليات القياس بالقضبان  
الساكنة . ونستطيع أن نستدل بسهولة من نتائج نظرية النسبية الخاصة على  
أن هذا التفسير الفزيائي المباشر للإحداثيات يعتبر مفقوداً بالنسبة الى  
مجموعة الإسناد  $S_3$  التي تتحرك بعجلة بالنسبة الى المجموعة  $S_1$  . ولكن  
إذا كان هذا هو الوضع فإن الإحداثيات الآن لا تعبر إلا عن نظام  
أورتبة مماسة أو استمرار الفضاء ، وعلى ذلك أيضا تعبر عن الرتبة البعدية  
للفضاء ولكنها لا تعبر عن أية خاصية من خواصه القياسية . وهكذا نجد  
أنفسنا مساقين إلى أن نمد التحويلات الى تحويلات تحكيمية مستمرة<sup>(1)</sup>  
وهذا يستوجب المبدأ العام للنسبية :

(1) قد تفي طريقة التعبير غير الدقيقة هذه بالتعرض المطلوب هنا .

« يجب أن تكون القوانين الطبيعية — متعددة التغير مع التحويلات التحكيمية المستمرة للإحداثيات ، وهذا المطلب ( مرتبطاً مع مطلب توفّر أكبر بساطة منطقية ممكنة للقوانين ) يحد القوانين الطبيعية العامة محل الاعتبار بأقوى مما كان في مبدأ النسبية الخاصة .

وتقوم هذه السلسلة من الأفكار أساساً على اعتبار المجال تصوراً مستقلاً لأن الأحوال السائدة بالنسبة إلى  $S$  تفسر على أنها مجال جاذبي دون أن تثار مسألة وجود السكتل التي ينشأ عنها هذا المجال . وبفضل سلسلة الأفكار هذه يمكن أيضاً أن نقف على سبب كون قوانين المجال الجاذبي البحت أقوى من حيث الاتصال المباشر بفكرة النسبية العامة من قوانين المجالات التي من نوع عام ( عندما يكون مثلاً هناك مجال كهرومغناطيسي ) .

ولدينا سند قوى إذ نفرض أن فضاء منكوفسكي الخالي من المجال يمثل حالة خاصة ممكنة في القانون الطبيعي بل إنها في الحقيقة أبسط حالة خاصة يمكن تصورها . ويتميز مثل هذا الفضاء من حيث طابعه القياسي بأن  $s^2 = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2$  هو مربع الفترة المكانية — مقيساً بوحدة القياس — بين نقطتين متقاربتين إلى ما لا نهاية من قطاع مستعرض لشبه فضاء ثلاثي الأبعاد (نظرية فيثاغورث) بينما  $s_4$  هو الفترة الزمنية — مقيساً بقياس مناسب للزمن — بين حادثتين تشتركان في الإحداثيات  $(s_1, s_2, s_3)$  ومعنى هذا كله ببساطة هو أن مغزى موضوعياً قياسياً قد أعطى للسكّية :

$$(1) \quad s^2 = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 - s_4^2$$

كما اتضح ذلك من قبل بمساعدة تحويلات لورنتز ويقابل هذا الأمر رياضياً شرط كون  $s^2$  لا متغير بالنسبة إلى تحويلات لورنتز .

والآن إذا أخضعنا وفقاً للبدا العام للنسبية هذا الفضاء ( انظر المعادلة (1) ) لتحويل تحكيمي مستمر للإحداثيات عندئذ يعبر عن الكمية ذات المغزى الموضوعي  $\omega$  في مجموعة الإحداثيات الجديدة بالعلاقة .

$$\omega = \omega' + \epsilon \omega'' + \dots \quad (11)$$

التي يجب أن تتكامل إلى ما فوق الأسس  $\epsilon^0$  لكل التوافق. 11 - 12 . . . . إلى 44 وليست الحدود  $\epsilon^0$  في هذه الحالة ثوابتاً بل دوال الإحداثيات يحددها التحويل التحكيمي المختار . ومع ذلك فليست الحدود  $\epsilon^0$  دوالاً تحكيمية للإحداثيات الجديدة ولكنها مجرد دوال من نوع يجعل شكل المعادلة (11) من الممكن إعادة تحويله إلى شكل المعادلة (1) بواسطة تحويل مستمر للإحداثيات الأربعة وحتى يمكن أن يحدث هذا يجب أن تحقق الدوال  $\omega'$  معادلات عامة معينة شرطية متعددة التغير اشتقها ريمان منذ أكثر من نصف قرن قبل مجيء نظرية النسبية ( شرط ريمان ) وتبعاً لمبدأ التكافؤ نصف المعادلة (11) بشكل متعدى التغير عام مجال جاذبي من نوع خاص عندما تحقق الدوال  $\omega'$  شرط ريمان .

تبعاً لما تقدم نجد أن قانون المجال الجاذبي البحث يجب أن يتحقق عند ما يتحقق شرط ريمان ولكنه لا بد أن يكون أضعف وأقل تعقيداً من شرط ريمان . وهذه الطريقة يتحدد تماماً عملياً قانون المجال البحث . ولن نقدم هنا مبررات هذه النتيجة تفصيلاً ( خطوات الوصول إليها ) .

إننا الآن في وضع يسمح لنا أن نرى إلى أي مدى يحوّر الانتقال إلى نظرية النسبية العامة تصور الفضاء . لقد كان للفضاء (الزمكان) وفقاً للبيكانيكلا الكلاسيكية ونظرية النسبية الخاصة وجوداً مستقلاً عن المادة والمجال . وحتى يمكن أن نقوم بأى وصف لذلك الذي يملأ الفضاء ويعتمد على الإحداثيات يجب أن ننظر فوراً إلى الزمكان أو المجموعة القصورية بنحو أصلي

القياسية على اعتباره موجوداً وإلا كان وصف « ذلك الذي يملأ الفضاء »  
 لا معنى له (١) . ولكن تبعا لنظرية النسبية العامة من الناحية الأخرى ليس  
 للفضاء في مواجهة « ما يملأ الفضاء » الذي يعتمد على الإحداثيات وجوداً  
 مستقلاً . وهكذا يمكن أن يوصف مجال جاذبي بحت في حدود حزم  
 (كدوال للإحداثيات) بمعادلات الجاذبية . إتنا إذا تصورنا أن المجال  
 الجاذبي أي الدوال حزم قد أزيل فإنه لا يتبقى هناك فضاء من النوع (١)  
 بل لا شيء على الإطلاق ولا « فضاء طوبولوجي » أيضاً لأن الدوال حزم  
 لا تصف المجال وحده فقط ولكنها تصف في نفس الوقت الخواص البنائية  
 الطوبولوجية القياسية للفضاء . وفضاء من النوع (١) ليس من زاوية نظرية  
 النسبية العامة فضاء بدون مجال بل حالة خاصة من فضاء حزم ليس لها في حد  
 ذاتها معنى موضوعياً - لها قيم لا تعتمد على الإحداثيات - فليس هناك  
 شيء من نوع الفضاء الخالي أي فضاء بدون مجال . أن الزمكان لا يدعى  
 لنفسه وجوداً بذاته بل كجرد صفة بنائية للمجال .

وهكذا لم يكن ديكارت بعيداً عن الصواب حينما اعتقد أنه يجب استبعاد  
 وجود فضاء فارغ . إن هذه الفكرة تبدو حقاً شديدة السخف طالما أننا  
 لا نرى الحقيقة الفيزيائية إلا في الأجسام ذات الوزن . ولقد رأينا أننا  
 لكي ندرك تماماً اللب الحقيقي لفكرة ديكارت وكنها استوجب الأمر أن  
 نلجأ إلى فكرة المجال كممثل للحقيقة مرتبطة مع مبدأ النسبية العامة إذ ليس  
 هناك مكان « خال من المجال » .

### النظرية المعممة للجاذبية

وعلى ذلك أصبحت نظرية المجال الجاذبي البحت على أساس النظرية  
 النسبية العامة في متناول اليد لأننا نستطيع الاطمئنان إلى أن فضاء

(١) إذا تخيلنا أن « ما يملأ الفضاء » (أي المجال) قد أزيل يتبقى  
 لنا الفضاء المتري (القياسي) المتفق مع (١) الذي يمكن أن يحدد السلوك  
 القصورى لجسم اختبار يوضع فيه .

منكوفسكى الخالى من المجال المتفق قياسياً مع ( ١ ) بحيث أن يحقق القوانين العامة للمجال . ومن هذه الحالة الخاصة نحصل على قانون الجاذبية عن طريق تعميم خال عملياً من التحكم والخطوات التالية للنظرية لا يحددها بصورة لا نزاع فيها المبدأ العام للنسبية . لقد تمت عدة محاولات في اتجاهات مختلفة خلال عشرات السنين القليلة الأخيرة وتشارك كل هذه المحاولات في اعتبار الحقيقة الفيزيائية مجالاً بل وأكثر من ذلك مجالاً هو تعميم للمجال الجاذبى يكون فيه قانون المجال تعميماً لقانون المجال الجاذبى البحت . وبعد تمحيص طويل أعتقد أنى قد اهتديت الآن " إلى الصيغة الطبيعية جداً لهذا التعميم ولكنى لم أستطع حتى الآن أن أقف على حقيقة ما إذا كان هذا القانون المعمم يقوى على الصمود أمام وقائع التجربة أم لا .

ومسألة قانون المجال الخاص ثانوية بالنسبة للاعتبارات العامة السابقة فالسؤال الرئيسى الآن هو : هل يمكن أن تصل بنا نظرية مجال من النوع الذى نتطالع إليه هنا إلى الهدف على الإطلاق ؟ ونعنى بالهدف نظرية تصف وصفاً كاملاً الحقيقة الفيزيائية بما فيها الفضاء رباعى الأبعاد على اعتبارها مجالاً . والجيل الحالى من علماء الفيزياء يميلون إلى الإجابة بالنفى على هذا السؤال حيث يعتقدون وفقاً للشكل الراهن لنظرية الكم أن حالة أية مجموعة فيزيائية ما لا يمكن أن تحدد مباشرة بل بطريقة غير مباشرة فقط بوساطة النص الإحصائى لنتائج القياس الممكن إجراؤها على المجموعة ويسود الاعتقاد بأن ازدواج الطبيعة الذى تؤكد التجارب (البناء الجسيمى والبناء الموجى) لا يمكن إدراك كنهه إلا بإضعاف تصور الحقيقة . وأعتقد أنه لا مبرر الآن مع معلوماتنا الراهنة مثل هذا الإنكار النظرى البعيد الأثر وأنه يجدر بنا ألا نقلع عن متابعة المضى فى الطريق الذى مهدته أمامنا نظرية المجال النسبية حتى نهايته .

(١) يمكن تصوير التعميم كما يلى : ان المجال الجاذبى البحت حسب اشتقاقه من فضاء منكوفسكى الخالى له خاصية التماثل التى تعبر عنها :  $\gamma_{\alpha\beta} = \gamma_{\beta\alpha}$  (الخ) والمجال المعمم من نفس النوع ولكن بدون خاصية التماثل هذه واشتقاق قانون المجال مماثل تماماً لاشتقاق الحالة الخاصة للجذب البحت .

## ترجمة المصطلحات

### A

$\alpha$ particles	جسيمات الفا	Arbitrary substitutions	البديلات التحكيمية
Absorption	امتصاص	Astronomical day	يوم فلكي
Abstraction	تجريد	Action & Reaction	فعل ورد فعل
Acceleration	عجلة	Apriori	بداهة . اولي . قبلي
Addition of velocities	تحصيل السرعات	Atomistics	ذريات
Aether drift	دفع الاثير	Axioms	بديهيات
Action at a distance	التأثير عن بعد		

### B

$\beta$ rays	اشعة بيتا	Biology	علم الحياة
Background	خلفية	Bounded space	فضاء محدود
Becoming	الضرورة	Bombardment of elements	قذف العناصر
Being	الكيان		

### C

Cartisian	كارتيزي	Corpuscular structure	البناء الجسيمي
Cathode rays	اشعة المهبط	Cosmological term of field equations	الحد الكوني لمعادلات المجال
Classical	كلاسيكي	Counter point	نقطة مقابلة
Continuum	متصل	Co-variant equations of condition	معادلة الحالة المتعدية التغير
Contiguity	تماسة	Curvature of light rays	انحناء اشعة الضوء
Co-variant	متغير متعدد	Curvature of space	انحناء الفضاء
Casuality	السببية	Curvilinear motion	حركة في خط منحنى
Celestial	سماوي		
Concept	قصور		
Component	مركبة		
Co-ordinate	احداثي		
Conservation (law of)	قانون بقاء		
Centrifugal force	قوة الطرد المركزي		

**D**

Data	معطيات	Doppler principle	مبدأ دوبلر
Density	كثافة	Differentials	تفاضلات
Distance	مسافة	Deduction	
Difraction	حيود		استنباط (استدلال قياسي)
Displacement of spectral lines	ازاحة خطوط الطيف	Derivation	اشتقاق
		Deviation	انحراف
Double stars	النجوم المزدوجة	Duality	ازدواج (ثنائية)

**E**

Eclipse	كسوف	Elastic solid body	
Electron	الالكترون		جسم صلب مرن
Empiric	تجريبي وضعي	Electrostatics	الكهرباء الاستاتيكية
Equivalence	تكافؤ	Elasticity	مرونة
Electromagnetic waves	الامواج الكهرومغناطيسية	Electrodynamics	الكهرباء الديناميكية
		Extension	امتداد

**F**

Field	مجال	Frequency	تردد
Function	دالة	Finite	منته
Infinite	لا نهائي		

**G**

Geometry	الهندسة	Geometers	علماء الهندسة
Geometrical propositions	فضايا الهندسة	Gaussian co-ordinates	الاحداثيات الجاوسية
Geometry-Euclidian	الهندسة الاقليدية	Gravitational field	المجال الجاذبي
Geometry non Euclidian	الهندسة اللا اقليدية	Gravitational mass	الكتلة الجاذبية
Galilian transformations	انتحويل الجاليلي	Potential of gravitational field	جهد المجال الجاذبي
		Group density of stars	الكثافة الجماعية للنجوم

**H**

Happening		حدوث
Heuristic value of relativity		القيمة الكاشفة للنسبية



## I

Induction	الاستقراء	Inertial space	الفضاء القصورى
Intuition	حدسى	Instantanion photograph	
Ions	الايونات	مسورة فوتوغرافية لحظية	
Inertia	القصور	Instantanion snapshot	
Inertial mass	الكتلة القصورية	لقطة سريعة	
Inertial system	المجموعة القصورية		

## K

Kinetic energy		طاقة الحركة	
----------------	--	-------------	--

## L

Lattice	شبكة	Limiting case	حالة حدية
Linear	خطى	Limiting velocity	سرعة قصوى
Lengths	اطوال	Line of force	خطوط القوى
Light signal	اشارة ضوئية	Lorentz transformation	
Light waves	امواج الضوء	تحويل لورنتز	
Light stimulus	مؤثر ضوئى		

## M

Manifold	متنوع	Metric	قياسى
Material point	النقطة المادية	Metrical properties	
Measuring rod	قضيب قياسى	الخواص القياسية	
Mechanistic	المكينى	Molluse	انقوطة الرخوة
Motion	انحرقة	Discrete structure of matter	
Materialism	المادية	البناء الحبيبي للمادة	

## N

Neutrons	النيوترونات	Newtonian	النيوتونى
Nuclear	نووى		

## O

Objective	موضوعى	Ondulatory mechanics	
Optics	بصريات	الميكانيكا الموجية	

P

Parabola	قطع مكافئ	particles	جسيمات
Perihilion	أثير هليون	Plane	مستوى
Proton	البروتون	Potential energy	طاقة الوضع
Position	موضع	Psychological	سيكولوجي
Physics	فيزياء		

Q

Quantum theory	نظرية الكم	Quasi Spherical universe	
Quantic properties	الخواص الكمية		انكون شبه الكروي
Quasi Euclidian universe	انكون شبه الاقليدي	Quotient	خارج القسمة

R

Radiation	اشعاع	Relative motion	حركة نسبية
Reference system	مجموعة اسناد	Rotation	دوران
Relativitation	التنسب	Rigidity	الجمادة
Rigid	جاسء	Realism	الواقعية
Real	واقعي	Remanian condition	انشرط الريماني
Recollection	استعادة الذاكري (التذكر)		

S

Sense experience	تجربة حسية	System of reference	مجموعة اسناد
Sequence	متابعة	Stipulation	تعويض
Size relations	علاقات الحجم	Spherical space	فضاء كروي
Space	مكان . فضاء	Spectral lines	خطوط الطيف
Space like concepts	التصورات شبه الفضائية	Structure	بناء
Subjective	ذاتي	Discrete structure	بناء حبيبي
Stellar universe	الكون النجمي	Significance	معزى - دلالة
Spatial reparation	انفاصل المكاني	Statistical	احصائي
Space-time	متان . زمن	Statics — Statical	
System of co-ordinates	مجموعة اخداثيات	Symetry — Symetrical	الاستاتيكا — استاتيكي
			تمائل — تماثلي

## T

Term	حد	Topological space	
Trajectory	مسار	الفضاء الطوبولوجي	
Temperature	درجة الحرارة	Transelation movement	
Tensor calculus	حساب المتندات	Transformations	حركة انتقال تحويلات

## U

Unbounded space	فضاء غير محدود	Uniform	منتظم
-----------------	----------------	---------	-------

## V

Value	قيمة	Vacum	فراغ
Validity	صحة	Vector	مجه
Variable	متغير	Velocity	سرعة
Volume	حجم	Co-variant	متغير متعدد

## W

Wave	موجة	Real & external world	
World	عالم	العالم الخارجي الحقيقي	



# المحتويات

## الجزء الاول

### نظرية النسبية الخاصة

صفحة	
٧	الفصل الأول : المعنى الفيزيائي للقضايا الهندسية
١٠	الفصل الثاني : مجموعة الإحداثيات
١٤	الفصل الثالث : المكان والزمان في الميكانيكا الكلاسيكية
١٦	الفصل الرابع : مجموعة الإحداثيات الجاليلية
١٧	الفصل الخامس : مبدأ النسبية بالمعنى المقيد
	الفصل السادس : نظرية تركيب السرعات المستعملة في الميكانيكا الكلاسيكية
٢٠	الفصل السابع : التناقض الظاهري بين قانون انتشار الضوء ومبدأ النسبية
٢١	الفصل الثامن : فكرة الزمن في الفيزياء
٢٤	الفصل التاسع : نسبية الأنية
٢٧	الفصل العاشر : حول نسبية تصور المسافة
٣٠	الفصل الحادي عشر : تحويل لورنتز
٣٢	الفصل الثاني عشر : سلوك الساعات وتعيين القياس المتحركة
٣٧	الفصل الثالث عشر : نظرية محصلة السرعات ( تجربة فيزو )
٤٠	الفصل الرابع عشر : القيمة الكاشفة للنظرية النسبية
٤٣	الفصل الخامس عشر : النتائج العامة للنظرية
٤٥	الفصل السادس عشر : نظرية النسبية الخاصة والتجربة
٥٠	الفصل السابع عشر : فضاء منكوفسكي رباعي الأبعاد

## الجزء الثاني

### نظرية النسبية العامة

صفحة	
٦١	الفصل الثامن عشر : نظريتا النسبية الخاصة والعامة
٦٥	الفصل التاسع عشر : مجال الجاذبية
٦٨	الفصل العشرون : تسالي كتلتى القصور والجاذبية ( كحجة في صف المبدأ العام للنسبية )
٧٢	الفصل الحادى والعشرون : ماهى أوجه النقص فى أسس الميكانيكا الكلاسيكية ونظرية النسبية الخاصة . . .
٧٤	الفصل الثانى والعشرون : استنتاجات قليلة من مبدأ النسبية العامة
٧٨	الفصل الثالث والعشرون : سلوك الساعات وقضبان القياس على مجموعة إسناد تدور
٨٢	الفصل الرابع والعشرون : المتصل الاقليدى واللاإقليدى
٨٥	الفصل الخامس والعشرون : إحدائيات جاوس
٨٩	الفصل السادس والعشرون : المتصل الزمان والمكان فى نظرية النسبية الخاصة على اعتبار أنه متصل إقليدى
٩١	الفصل السابع والعشرون : المتصل الزمانى الخاص بالنظرية النسبية العامة ليس متصلا إقليديا
٩٤	الفصل الثامن والعشرون : التعبير الدقيق عن مبدأ النسبية العام
٩٧	الفصل التاسع والعشرون : حل مشكلة الجاذبية على أساس المبدأ العام للنسبية

الجزء الثالث

تأملات في الكون ككل

صفحة	
١٠٣	الفصل الثلاثون : الصعوبات الكونية في نظرية نيوتن
	الفصل الحادي والثلاثون : إمكان وجود كون منته ولكنّه
١٠٥	غير محدود
١١٠	الفصل الثاني والثلاثون : بناء الفضاء للنظرية النسبية العامة

الملاحق

١١٥	الملاحق الأول : اشتقاق بسيط لتحويل لورنتز
١٢١	الملاحق الثاني : فضاء منكوفسكي رباعي الأبعاد
١٢٣	الملاحق الثالث : الإثبات التجريبي لنظرية النسبية العامة
١٣٣	الملاحق الرابع : بناء الفضاء تبعاً لنظرية النسبية العامة
١٣٥	الملاحق الخامس : النسبية ومشكلة الفضاء
١٥٥	المصطلحات





## المشروع القومي للترجمة

المشروع القومي للترجمة مشروع تنمية ثقافية بالدرجة الأولى ، ينطلق من الإيجابيات التي حققتها مشروعات الترجمة التي سبقته في مصر والعالم العربي ويسعى إلى الإضافة بما يفتح الأفق على وعود المستقبل، معتمداً المبادئ التالية :

- ١- الخروج من أسر المركزية الأوروبية وهيمنة اللغتين الإنجليزية والفرنسية .
- ٢- التوازن بين المعارف الإنسانية في المجالات العلمية والفنية والفكرية والإبداعية .
- ٣- الانحياز إلى كل ما يؤسس لأفكار التقدم وحضور العلم وإشاعة العقلانية والتشجيع على التجريب .
- ٤- ترجمة الأصول المعرفية التي أصبحت أقرب إلى الإطار المرجعي في الثقافة الإنسانية المعاصرة، جنباً إلى جنب المنجزات الجديدة التي تضع القارئ في القلب من حركة الإبداع والفكر العالميين .
- ٥- العمل على إعداد جيل جديد من المترجمين المتخصصين عن طريق ورش العمل بالتنسيق مع لجنة الترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة .
- ٦- الاستعانة بكل الخبرات العربية وتنسيق الجهود مع المؤسسات المعنية بالترجمة .



## المشروع القومى للترجمة

أحمد درويش	جون كوين	اللغة العليا	١-
أحمد فؤاد بليغ	ك. مانهو باننيكار	الوثنية والإسلام (ط١)	٢-
شوقى جلال	جورج جيمس	التراث المسروق	٣-
أحمد الحضرى	انجا كاريتكوفنا	كيف تتم كتابة السيناريو	٤-
محمد علاء الدين منصور	إسماعيل فصيح	ثريا فى غيبوية	٥-
سعد مصالوح ووفاء كامل فايد	ميلكا إفيتش	اتجاهات البحث اللسانى	٦-
يوسف الأنطكى	لوسيان غولدمان	العلوم الإنسانية والفلسفة	٧-
مصطفى ماهر	ماكس فريش	مشعلو الحرائق	٨-
محمود محمد عاشور	أنثرو. س. جوى	التغيرات البيئية	٩-
محمد معتصم وعبد الجليل الأزدي وعمر حلى	چيرار چينيت	خطاب الحكاية	١٠-
هناء عبد الفتاح	فيصوفا شيمبوريسكا	مختارات	١١-
أحمد محمود	بيفيد براونيمستون وايرين قرانك	طريق الحرير	١٢-
عبد الوهاب علوب	روبرتسن سميث	ديانة الساميين	١٣-
حسن المودن	جان بيلمان نويل	التحليل النفسى للأب	١٤-
أشرف رفيق عفيفى	إدوارد لويس سميث	الحركات الفنية	١٥-
يلشرفه أحمد عثمان	مارتن برنال	أثينة السوداء (ج١)	١٦-
محمد مصطفى بدوى	فيليب لاركين	مختارات	١٧-
طلعت شاهين	مختارات	الشعر النسائى فى أمريكا اللاتينية	١٨-
نعيم عطية	جورج سفيريس	الأعمال الشعرية الكاملة	١٩-
يمنى طريف الخولى وبدوى عبد الفتاح	ج. ج. كراوثر	قصة العلم	٢٠-
ماجدة العناني	صعد بهرنجى	خوخة وألف خوخة	٢١-
سيد أحمد على الناصرى	جون أنتيس	مذكرات رحالة عن المصريين	٢٢-
سعيد توفيق	هانز جيورج جادامر	تجلى الجميل	٢٣-
بكر عباس	باتريك بارنر	ظلال المستقبل	٢٤-
إبراهيم السوقى شتا	مولانا جلال الدين الرومى	مثنوى	٢٥-
أحمد محمد حسين هيكل	محمد حسين هيكل	دين مصر العام	٢٦-
نخبة	مقالات	التنوع البشرى الخلاق	٢٧-
منى أبو سنة	جون لوك	رسالة فى التسامح	٢٨-
بدر الديب	جيمس ب. كارس	الموت والوجود	٢٩-
أحمد فؤاد بليغ	ك. مانهو باننيكار	الوثنية والإسلام (ط٢)	٣٠-
عبد الستار الطوجى وعبد الوهاب علوب	جان سوفاجيه - كلود كاين	مصادر دراسة التاريخ الإسلامى	٣١-
مصطفى إبراهيم فهمى	بيفيد روس	الانقراض	٣٢-
أحمد فؤاد بليغ	أ. ج. هويكنز	التاريخ الإقتصادى لأفريقيا الغربية	٣٣-
حصنة إبراهيم المنيف	روجر آلن	الرواية العربية	٣٤-
خليل كلفت	پول . ب . نيكسون	الأسطورة والحداثة	٣٥-
حياة جاسم محمد	والاس مارتن	نظريات السرد الحديثة	٣٦-
جمال عبد الرحيم	بريجيت شيفر	واحة سيوة وموسيقاها	٣٧-

أنور مغيث	ألن تورين	نقد الحداثة	٢٨-
منيرة كروان	بيتر والكوت	الإغريق والحسد	٢٩-
محمد عيد إبراهيم	آن سكستون	قصائد حب	٤٠-
عاطف لحد وإبراهيم اتقى ومحمود ماجد	بيتر جران	ما بعد المركزية الأوروبية	٤١-
أحمد محمود	بنجامين بارير	عالم ماك	٤٢-
المهدى أخريف	أوكتايفو پاث	اللهب المزروع	٤٣-
مارلين تانرس	ألنوس هكسلى	بعد عدة أصياف	٤٤-
أحمد محمود	روبرت ج ننيا - جون ف أ فاين	التراث المغنور	٤٥-
محمود السيد على	بابلو نيرودا	عشرون قصيدة حب	٤٦-
مجاهد عبد المنعم مجاهد	رينيه ويليك	تاريخ النقد الألبى الحديث (ج١)	٤٧-
ماهر جويجاتى	فرانسوا نوما	حضارة مصر الفرعونية	٤٨-
عبد الوهاب علوب	ه . ت . نوريس	الإسلام فى البلقان	٤٩-
محمد برادة وعثمانى لليلود ويوسف الأتلكى	جمال الدين بن الشيخ	ألف ليلة وليلة أو القول الأسير	٥٠-
محمد أبو العطا	داريو بيانوبيا وخ . م بينياليستى	مسار الرواية الإسبانية أمريكية	٥١-
لطفى فطيم وعادل دمرداش	ب . نوفاليس وس . روجسيفيتز روجريل	العلاج النفسى التذعيمى	٥٢-
مرسى سعد الدين	أ . ف . أنجتون	الدراما والتعليم	٥٣-
محسن مصيلحى	ج . مايكل والتون	المفهوم الإغريقى للمسرح	٥٤-
على يوسف على	چون بولكنجهوم	ما وراء العلم	٥٥-
محمود على مكى	فديريكو غرسية لوركا	الأعمال الشعرية الكاملة (ج١)	٥٦-
محمود السيد و ماهر البطوطى	فديريكو غرسية لوركا	الأعمال الشعرية الكاملة (ج٢)	٥٧-
محمد أبو العطا	فديريكو غرسية لوركا	مسرحيتان	٥٨-
السيد السيد سهيم	كارلوس مونيهيث	المحيرة (مسرحية)	٥٩-
صبرى محمد عبد الغنى	جوهانز إيتين	التصميم والشكل	٦٠-
مراجعة وإشراف : محمد الجوهري	شارلوت سيمور - سميث	موسوعة علم الإنسان	٦١-
محمد خير البقاعى .	رولان بارت	لذة النص	٦٢-
مجاهد عبد المنعم مجاهد	رينيه ويليك	تاريخ النقد الألبى الحديث (ج٢)	٦٣-
رمسيس عوض .	ألان رود	يرتراند راسل (سيرة حياة)	٦٤-
رمسيس عوض .	يرتراند راسل	فى مدح الكسل ومقالات أخرى	٦٥-
عبد اللطيف عبد الحليم	أنطونيو جالا	خمس مسرحيات أنداسية	٦٦-
المهدى أخريف	فرناندو بيسوا	مختارات	٦٧-
أشرف الصباغ	فالتين راسبوتين	نتاشا العجوز وقصص أخرى	٦٨-
أحمد فؤاد متولى وهويدا محمد فهمى	عبد الرشيد إبراهيم	العالم الإسلامى فى أوائل القرن العشرين	٦٩-
عبد الحميد غلاب وأحمد حشاد	أوخينيو تشانج روبريجت	ثقافة وحضارة أمريكا اللاتينية	٧٠-
حسين محمود	داريو فو	السيدة لا تصلح إلا للرمى	٧١-
فؤاد مجلى	ت . س . إليوت	السياسى العجوز	٧٢-
حسن ناظم وعلى حاكم	چين . ب . توميكنز	نقد استجابة القارئ	٧٣-
حسن بيومى	ل . ا . سيمينوفا	صلاح الدين والمماليك فى مصر	٧٤-
أحمد درويش	أندريه موروا	فن التراجم والسير الذاتية	٧٥-
عبد المقصود عبد الكريم	مجموعة من الكتاب	چاك لاكان وإغواء التطيل النفسى	٧٦-

مجاهد عبد المنعم مجاهد	رينيه ويليك	٧٧- تاريخ النقد الأدبي الحديث (ج٢)
أحمد محمود ونورا أمين	رونالد روبرتسون	٧٨- العولمة : النظرية الاجتماعية والثقافة الكوثية
سعید الغانمی وناصر حلاوی	بوريس أوسينسكي	٧٩- شعرية التأليف
مكارم الغمري	ألكسندر يوشكين	٨٠- يوشكين عند «نافورة الدموع»
محمد طارق الشرقاوي	بنديكت أندرسن	٨١- الجماعات المتخيلة
محمود السيد على	ميجيل دي أونامونو	٨٢- مسرح ميجيل
خالد المعالي	غوتفريد بن	٨٣- مختارات
عبد الحميد شيحة	مجموعة من الكتاب	٨٤- موسوعة الألب والنقد
عبد الرازق بركات	صلاح زكي أقطاي	٨٥- منصور الحلاج (مسرحية)
أحمد فتحى يوسف شتا	جمال مير صابقي	٨٦- طول الليل
ماجدة العناني	جلال آل أحمد	٨٧- نون والقلم
إبراهيم الدسوقي شتا	جلال آل أحمد	٨٨- الابتلاء بالتقرب
أحمد زايد ومحمد محيي الدين	أنتوني جيننز	٨٩- الطريق الثالث
محمد إبراهيم مبروك	ميجل دي ثرياتس	٩٠- وسم السيف
محمد هناء عبد الفتاح	باربر الاسوستكا	٩١- المسرح والتجريب بين النظرية والتطبيق
نادية جمال الدين	كارلوس ميجيل	٩٢- أساليب ومضامين المسرح الإسباني الأمريكي المعاصر
عبد الوهاب علوب	مايك فينرستون وسكوت لاش	٩٣- محدثات العولمة
فوزية العشموي	صمويل بيكيت	٩٤- الحب الأول والصحبة
سرى محمد عبد اللطيف	أنطونيو بويرو بايخو	٩٥- مختارات من المسرح الإسباني
إدوار الخراط	قصص مختارة	٩٦- ثلاث زنبقات ووردة
بشير السباعي	فرنان برودل	٩٧- هوية فرنسا (مج١)
أشرف الصباغ	نخبة	٩٨- الهم الإنساني والابتزاز الصهيوني
إبراهيم قنديل	ديفيد روينسون	٩٩- تاريخ السينما العالمية
إبراهيم فتحى	بول هيرست وجراهام تومبسون	١٠٠- مساطة العولمة
رشيد بنحو	بيرنار فاليط	١٠١- النص الروائي (تقنيات ومناهج)
عز الدين الكتاني الإدريسي	عبد الكريم الخطيبى	١٠٢- السياسة والتسامح
محمد بنيس	عبد الوهاب المؤتب	١٠٣- قبر ابن عربي يليه آباء
عبد الغفار مكاوي	برقولات بريشت	١٠٤- أوبرا ماهوجنى
عبد العزيز شيبيل	جيرارچينيت	١٠٥- مدخل إلى النص الجامع
أشرف على دعور	ماريا خيسوس روبييرامتى	١٠٦- الأدب الأندلسى
محمد عبد الله الجعيدى	نخبة	١٠٧- صورة الفنان فى الشعر الأمريكى المعاصر
محمود على مكي	مجموعة من النقاد	١٠٨- ثلاث دراسات عن الشعر الأندلسى
هاشم أحمد محمد	جون بواوك وعادل درويش	١٠٩- حروب المياه
منى قطان	حصنة بيجوم	١١٠- النساء فى العالم النامى
ريهام حسين إبراهيم	فرانسيس هيندسون	١١١- المرأة والجريمة
إكرام يوسف	أرلين علوى ماكلويد	١١٢- الاحتجاج الهائى
أحمد حسان	ساندى پلانز	١١٣- راية التمرد
نسيم مجلى	وول شوينكا	١١٤- مسرحيتا حصاد كونجى وسكان المستنقع
سمية رمضان	فرجينيا وراف	١١٥- غرفة تخص المرء وحده

نهاده أحمد سالم	سيتيا نلسون	١١٦- امرأة مختلفة (درية شفيق)
منى إبراهيم وهالة كمال	ليلى أحمد	١١٧- المرأة والجنوسة فى الإسلام
لميس النقاش	بث بارون	١١٨- النهضة النسائية فى مصر
ياشرف: روف عباس	أميرة الأزهرى ستيل	١١٩- النساء والأسرة وقوانين الطلاق
نخبة من المترجمين	ليلى أبو لغد	١٢٠- الحركة النسائية والتطور فى الشرق الأوسط
محمد الجندى وإيزابيل كمال	فاطمة موسى	١٢١- الدليل الصغير عن الكاتبات الغربيات
منيرة كروان	جوزيف فوجت	١٢٢- نظام العبودية القديم ونموذج الإنسان
أنور محمد إبراهيم	نيل ألكسندر وفنادولينا	١٢٣- الإمبراطورية العثمانية وعلاقتها الدولية
أحمد فؤاد بليغ	جون جراى	١٢٤- الفجر الكانب
سمحة الخولى	سيدريك ثورپ ديفى	١٢٥- التحليل الموسيقى
عبد الوهاب علوب	قولفانج إيسر	١٢٦- فعل القراءة
بشير السباعى	صفاء فتحى	١٢٧- إرهاب
أميرة حسن نويرة	سوزان باسنيت	١٢٨- الألب المقارن
محمد أبو العطا وآخرون	ماريا دواورس أسيس جاروته	١٢٩- الرواية الإسبانية المعاصرة
شوقى جلال	أنريه جوندر فرانك	١٣٠- الشرق يصعد ثانية
لويس بقطر	مجموعة من المؤلفين	١٣١- مصر القديمة (التاريخ الاجتماعى)
عبد الوهاب علوب	مايك فينرستون	١٣٢- ثقافة العولة
طلعت الشايب	طارق على	١٣٣- الخوف من المرايا
أحمد محمود	بارى ج. كيمب	١٣٤- تشريح حضارة
ماهر شفيق فريد	ت. س. إليوت	١٣٥- المختار من نقد ت. س. إليوت
سحر توفيق	كينيث كرونو	١٣٦- فلاحو الباشا
كاميليا صبحى	جوزيف مارى مواريه	١٣٧- مذكرات ضابط فى الحملة الفرنسية
وجيه سمعان عبد المسيح	إيفيلينا تارونى	١٣٨- عالم التليفزيون بين الجمال والعنف
مصطفى ماهر	ريشارد فاچنر	١٣٩- باريسغال
أمل الجبورى	هربرت ميسن	١٤٠- حيث تلتقى الأنهار
نعيم عطية	مجموعة من المؤلفين	١٤١- اثنتا عشرة مسرحية يونانية
حسن بيومى	أ. م. فورستر	١٤٢- الإسكندرية : تاريخ ودليل
عدلى السمرى	بيريك لايدار	١٤٣- قضايا التنظير فى البحث الاجتماعى
سلامة محمد سليمان	كارلو جولونى	١٤٤- صاحبة اللوكاندة
أحمد حسان	كارلوس فوينتس	١٤٥- موت أرتيميو كروث
على عبدالرؤف البعبى	ميجيل دى ليس	١٤٦- الورقة الحمراء
عبدالغفار مكاوى	تاتكريد نورست	١٤٧- خطبة الإدانة الطويلة
على إبراهيم منوفى	إنريكى أنرسون إميرت	١٤٨- القصة القصيرة (النظرية والتقنية)
أسامة إسبر	عاطف فضول	١٤٩- النظرية الشعرية عند إليوت وأندونيس
منيرة كروان	روبرت ج. ليمان	١٥٠- التجربة الإغريقية
بشير السباعى	فرنان برودل	١٥١- هوية فرنسا (مج ٢ ، ج ١)
محمد محمد الخطابى	نخبة من الكتاب	١٥٢- عدالة الهنود وقصص أخرى
فاطمة عبدالله محمود	فيولين قاتويك	١٥٣- غرام الفراغة
خايل كلفت	فيل سليتر	١٥٤- مدرسة فرانكفورت

أحمد مرسى	نخبة من الشعراء	الشعر الأمريكى المعاصر	١٥٥-
مى التلمسانى	جى أنبال وآلان وأوديت فيرمو	المدارس الجمالية الكبرى	١٥٦-
عبدالعزیز بقوش	النظامى الكتوجى	خسرو وشيرين	١٥٧-
بشير السباعى	فرنان برودل	هوية فرنسا (مج ٢ ، ج ٢)	١٥٨-
إبراهيم فتحى	ديفيد هوكس	الإيديولوجية	١٥٩-
حسين بيومى	بول إيرليش	آلة الطبيعة	١٦٠-
زيدان عبداللطيم زيدان	اليخاندرو كامسونا وأنطونيو جالا	من المسرح الإسباني	١٦١-
صلاح عبدالعزیز محجوب	يوحنا الآسيوى	تاريخ الكنيسة	١٦٢-
بإشراف: محمد الجوهري	جوردين مارشال	موسوعة علم الاجتماع	١٦٣-
نبيل سعد	جان لاکوتير	شامبوليون (حياة من نور)	١٦٤-
سهير المصادفة	أ. ن أفانا سيفا	حكايات الثلج	١٦٥-
محمد محمود أبو غدير	يشعياهو ليتمان	العلاقات بين المتدينين والاطمانيين فى إسرائيل	١٦٦-
شكرى محمد عياد	رابندرانات طاغور	فى عالم طاغور	١٦٧-
شكرى محمد عياد	مجموعة من المؤلفين	دراسات فى الأدب والثقافة	١٦٨-
شكرى محمد عياد	مجموعة من المبدعين	إبداعات أدبية	١٦٩-
بسام ياسين رشيد	ميغيل دليبيس	الطريق	١٧٠-
هدى حسين	فرانك بيجو	وضع حد	١٧١-
محمد محمد الخطايبى	مختارات	حجر الشمس	١٧٢-
إمام عبد الفتاح إمام	واتر ت. ستيس	معنى الجمال	١٧٣-
أحمد محمود	ايليس كاشمور	صناعة الثقافة السوداء	١٧٤-
وجيه سمعان عبد المسيح	لورينزو فيلشس	التليفزيون فى الحياة اليومية	١٧٥-
جلال البنا	توم تينبرج	نحو مفهوم للاقتصاديات البيئية	١٧٦-
حصه إبراهيم المنيف	هنرى تروايا	أنطون تشيخوف	١٧٧-
محمد حمدى إبراهيم	نخبة من الشعراء	مختارات من الشعر اليونانى الحديث	١٧٨-
إمام عبد الفتاح إمام	أيسوب	حكايات أيسوب	١٧٩-
سليم عبد الأمير حمدان	إسماعيل فصيح	قصة جاويد	١٨٠-
محمد يحيى	فنسنت ب. ليتش	النقد الأدبى الأمريكى	١٨١-
ياسين طه حافظ	وب. بيتس	العنف والنبوة	١٨٢-
فتحى العشرى	رينيه چيلسون	جان كوكتو على شاشة السينما	١٨٣-
دسوقى سعيد	هانز إيندورفر	القاهرة... حالة لا تنام	١٨٤-
عبد الوهاب علوب	توماس تومسن	أسفار العهد القديم	١٨٥-
إمام عبد الفتاح إمام	ميخائيل إنوود	معجم مصطلحات هيجل	١٨٦-
محمد علاء الدين منصور	بُزرج علوى	الأرضة	١٨٧-
بدر الليب	الفين كرتان	موت الأدب	١٨٨-
سعيد الغانمى	بول دى مان	العمى والبصيرة	١٨٩-
محسن سيد فرجاني	كونفوشيوس	محاورات كونفوشيوس	١٩٠-
مصطفى حجازى السيد	الحاج أبو بكر إمام	الكلام رأسمال	١٩١-
محمد سلامة علاوى	زين العابدين المرازى	سياحت نامه إبراهيم بك (جا)	١٩٢-
محمد عبد الواحد محمد	بيتر أبراهامز	عامل المنجم	١٩٣-

ماهر شفيق فريد	مجموعة من النقاد	مختارات من النقد الأنجلو-أمريكي	١٩٤-
محمد علاء الدين منصور	إسماعيل فصيح	شتاء ٨٤	١٩٥-
أشرف الصباغ	فالتين راسيوتين	المهلة الأخيرة	١٩٦-
جلال السعيد الحفناوى	شمس العطاء شبلى التعمانى	الفاروق	١٩٧-
إبراهيم سلامة إبراهيم	الونين إمري وآخرون	الاتصال الجماهيرى	١٩٨-
جمال أحمد الرفاعى وأحمد عبد الطيف حماد	يعقوب لاندوى	تاريخ يهود مصر فى الفترة العثمانية	١٩٩-
فخزى لبيب	جيرمى سيبروك	ضحايا التنمية	٢٠٠-
أحمد الأنصارى	جوزايا رويس	الجانب الدينى للفلسفة	٢٠١-
مجاهد عبد المنعم مجاهد	رينيه ويليك	تاريخ النقد الأدبى الحديث (ج٤)	٢٠٢-
جلال السعيد الحفناوى	ألفاف حسين حالى	الشعر والشاعرية	٢٠٣-
أحمد محمود هويدى	زالمان شانزار	تاريخ نقد العهد القديم	٢٠٤-
أحمد مستجير	اويجى لوقا كافالى - سفورزا	الجينات والشعوب واللغات	٢٠٥-
على يوسف على	جيس جلايك	الهيولية تصنع علماً جديداً	٢٠٦-
محمد أبو العطا	رامون خوتاسنديز	ليل أفريقي	٢٠٧-
محمد أحمد صالح	دان أوريان	شخصية العربى فى المسرح الإسرائيلى	٢٠٨-
أشرف الصباغ	مجموعة من المؤلفين	السرد والمسرح	٢٠٩-
يوسف عبد الفتاح فرج	سنائى القرزوى	مثنويات حكيم سنائى	٢١٠-
محمود حمدي عبد الفتى	جوناثان كلر	فردينان نوسوسيز	٢١١-
يوسف عبدالفتاح فرج	مرزيان بن رستم بن شرورين	قصص الأمير مرزيان	٢١٢-
سيد أحمد على الناصرى	ريمون فلور	مصر منذ قوم نابليون حتى رحيل عبدالناصر	٢١٣-
محمد محمود محى الدين	أنتونى جينز	قواعد جديدة للمنهج فى علم الاجتماع	٢١٤-
محمود سلامة علاوى	زين العابدين المرافى	سياحت نامه إبراهيم بك (ج٢)	٢١٥-
أشرف الصباغ	مجموعة من المؤلفين	جوانب أخرى من حياتهم	٢١٦-
نادية البنهاوى	ص. بيكيت	مسرحيتان طليعيتان	٢١٧-
على إبراهيم منوفى	خوليو كورتازان	لعبة الحجلة (رايولا)	٢١٨-
طلعت الشايب	كازو ايشجورو	بقايا اليوم	٢١٩-
على يوسف على	بارى باركر	الهيولية فى الكون	٢٢٠-
رفعت سلام	جريجورى جوزدانيس	شعرية كفافى	٢٢١-
نسيم مجلى	رونالد جراى	فرانز كافكا	٢٢٢-
السيد محمد نقادى	بول فيراينز	العلم فى مجتمع حر	٢٢٣-
منى عبدالظاهر إبراهيم	يرانكا ماجاس	دمار يوغسلافيا	٢٢٤-
السيد عبدالظاهر السيد	جابريل جارثيا ماركث	حكاية فريق	٢٢٥-
طاهر محمد على البريرى	بيفيد هريت لورانس	أرض المساء وقصائد أخرى	٢٢٦-
السيد عبدالظاهر عبدالله	موسى مارييا ليف يوركى	المسرح الإيبانى فى القرن السابع عشر	٢٢٧-
مارى تيريز عبدالمسيح وخالد حسن	جانيت وواف	علم الجمالية وعلم اجتماع الفن	٢٢٨-
أمير إبراهيم العمرى	نورمان كيجان	مأزق البطل الوحيد	٢٢٩-
مصطفى إبراهيم فهمى	فرانسواز جاكوب	عن التباب والفقران والبشر	٢٣٠-
جمال عبدالرحمن	خايمى سالوم بيدال	الدرافيل	٢٣١-
مصطفى إبراهيم فهمى	توم ستينز	ما بعد المعلومات	٢٣٢-



طلعت الشايب	آرثر هومان	فكرة الاضمحلال	٢٣٣-
فؤاد محمد عكود	ج. سينسر تريمنجهام	الإسلام فى السودان	٢٣٤-
إبراهيم الدسوقي شتا	مولانا جلال الدين الرومى	ديوان شمس تبريزى (ج١)	٢٣٥-
أحمد الطيب	ميشيل تود	الولاية	٢٣٦-
عنايات حسين طلعت	روين فيرين	مصر أرض الوادى	٢٣٧-
ياسر محمد جادالله وعيسى مديولى أحمد	الانتكاد	العولة والتحرير	٢٣٨-
نادية سليمان حافظ وإيهاب صلاح فايق	جيلرافر - رايوخ	العربى فى الألب الإسرائيلى	٢٣٩-
صلاح عبدالعزيز محجوب	كامى حافظ	الإسلام والغرب وإمكانية الحوار	٢٤٠-
ايتسام عبدالله سعيد	ج . م كويتز	فى انتظار البرابرة	٢٤١-
صبرى محمد حسن عبدالنبي	وليام إيمسون	سبعة أنماط من الغموض	٢٤٢-
على عبدالرؤف البمبى	ليفى بروفنسال	تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج١)	٢٤٣-
نادية جمال الدين محمد	لورا إسكيبيل	الغليان	٢٤٤-
توفيق على منصور	إليزابيتا آديس	نساء مقاتلات	٢٤٥-
على إبراهيم منوفى	جابريل جارثيا ماركث	مختارات قصصية	٢٤٦-
محمد طارق الشرقاوى	والتر إرمبريست	الثقافة الجماهيرية والحدائق فى مصر	٢٤٧-
عبداللطيف عبدالحليم	أنطونيو جالا	حقول عدن الخضراء	٢٤٨-
رفعت سلام	دراجو شتامبوك	لغة التمرق	٢٤٩-
ماجدة محسن أباطة	تومنيك فينيك	علم اجتماع العلوم	٢٥٠-
ياشرف: محمد الجوهري	جوردين مارشال	موسوعة علم الاجتماع (ج٢)	٢٥١-
على بدران	مارجو بدران	رائدات الحركة النسوية المصرية	٢٥٢-
حسن بيومى	ل. أ. سيمينوفا	تاريخ مصر الفاطمية	٢٥٣-
إمام عبد الفتاح إمام	ديف روينسون وجودى جروفز	الفلسفة	٢٥٤-
إمام عبد الفتاح إمام	ديف روينسون وجودى جروفز	أفلاطون	٢٥٥-
إمام عبد الفتاح إمام	ديف روينسون وكريس جرات	ديكارت	٢٥٦-
محمود سيد أحمد	وليم كلى رايت	تاريخ الفلسفة الحديثة	٢٥٧-
عبادة كُحيلة	سير أنجوس فريزر	الفجر	٢٥٨-
فاروجان كازانجيان	اقلام مختلفة	مختارات من الشعر الأرمنى عبر العصور	٢٥٩-
ياشرف: محمد الجوهري	جوردين مارشال	موسوعة علم الاجتماع (ج٣)	٢٦٠-
إمام عبد الفتاح إمام	زكى نجيب محمود	رحلة فى فكر زكى نجيب محمود	٢٦١-
محمد أبو العطا	إيوارد مندوتا	مدينة المعجزات	٢٦٢-
على يوسف على	جون جرين	الكشف عن حافة الزمن	٢٦٣-
لويس عوض	هوراس وشلى	إبداعات شعرية مترجمة	٢٦٤-
لويس عوض	أوسكار وايلد وصموئيل جونسون	روايات مترجمة	٢٦٥-
عادل عبدالمنعم سويلم	جلال آل أحمد	مدير المدرسة	٢٦٦-
بدر الدين عرويكى	ميلان كونتيرا	فن الرواية	٢٦٧-
إبراهيم الدسوقي شتا	مولانا جلال الدين الرومى	ديوان شمس تبريزى (ج٢)	٢٦٨-
صبرى محمد حسن	وليم جيفور بالجريف	وسط الجزيرة العربية وشرقها (ج١)	٢٦٩-
صبرى محمد حسن	وليم جيفور بالجريف	وسط الجزيرة العربية وشرقها (ج٢)	٢٧٠-
شوقى جلال	توماس سى. باترسون	الحضارة الغربية	٢٧١-

إبراهيم سلامة	س. س والترز	الأسيرة الأثرية في مصر	٢٧٢-
عنان الشهاوى	جوان آر. لوك	الاستعمار والثورة في الشرق الأوسط	٢٧٣-
محمود على مكى	رومولو جلاجوس	السيدة باربارا	٢٧٤-
ماهر شفيق فريد	أقلام مختلفة	ت. س إليوت شاعراً وناقداً وكاتباً مسرحياً	٢٧٥-
عبد القادر التمساني	فرانك جوتيران	فنون السينما	٢٧٦-
أحمد فوزى	بريان فورد	الجيئات: الصراع من أجل الحياة	٢٧٧-
ظريف عبدالله	إسحق عظيموف	البدائيات	٢٧٨-
طلعت الشايب	ف. س. سوتيرز	الحرب الباردة الثقافية	٢٧٩-
سمير عبدالحميد	يريم شند وآخرون	من الأدب الهندي الحديث والمعاصر	٢٨٠-
جلال الحقتاوى	مولانا عبد الطيم شرر الكهنوى	الفريوس الأعلى	٢٨١-
سمير حنا صادق	لويس ولبيرت	طبيعة العلم غير الطبيعية	٢٨٢-
على البمبى	خوان رولفو	السهل يحترق	٢٨٣-
أحمد عثمان	يوربيدس	هرقل مجنوناً	٢٨٤-
سمير عبد الحميد	حسن نظامى	رحلة الخواجة حسن نظامى	٢٨٥-
محمود سلامة علاوى	زين العابدين المراغى	سياحت نامه إبراهيم بك (ج٢)	٢٨٦-
محمد يحيى وآخرون	انتونى كنج	الثقافة والعولمة والنظام العالمى	٢٨٧-
ماهر البطوطى	ديفيد لودج	الفن الروائى	٢٨٨-
محمد نور الدين عبدالمنعم	أبو نجم أحمد بن قوص	ديوان منجوهري الدامغانى	٢٨٩-
أحمد زكريا إبراهيم	جورج موان	علم اللغة والترجمة	٢٩٠-
السيد عبد الظاهر	فرانشيسكو رويس رامون	المسرح الإسباني في القرن العشرين (ج١)	٢٩١-
السيد عبد الظاهر	فرانشيسكو رويس رامون	المسرح الإسباني في القرن العشرين (ج٢)	٢٩٢-
نخبة من المترجمين	روجر آلن	مقدمة للأدب العربى	٢٩٣-
رجاء ياقوت صالح	بوالو	فن الشعر	٢٩٤-
بدر الدين حب الله الديب	جوزيف كاميل	سلطان الأسطورة	٢٩٥-
محمد مصطفى بدوى	وايم شكسير	مكبث	٢٩٦-
ماجدة محمد أنور	ليونيسيوس ثراكس ويوسف الأهوانى	فن النحو بين اليونانية والسريانية	٢٩٧-
مصطفى حجازى السيد	أبو بكر تقاوا بليوه	مأساة العبيد	٢٩٨-
هاشم أحمد فؤاد	جين ل. ماركس	ثورة في التكنولوجيا الحيوية	٢٩٩-
جمال الجزيرى وبهاء جامين وإيزابيل كمال	أويس عوض	أسطورة بروسبيوس في الأدب الإنجليزي والفرنسى (ج١)	٣٠٠-
جمال الجزيرى و محمد الجندى	أويس عوض	أسطورة بروسبيوس في الأدب الإنجليزي والفرنسى (ج٢)	٣٠١-
إمام عبد الفتاح إمام	جون هيتون وجوى جروفز	فنجنشتمين	٣٠٢-
إمام عبد الفتاح إمام	جين هوب ويورن فان لون	بوذا	٣٠٣-
إمام عبد الفتاح إمام	ريوس	ماركس	٣٠٤-
صلاح عبد الصبور	كروزيو مالابارته	الجلد	٣٠٥-
نبيل سعد	جان فرانسوا ليوتار	الحماسة: النقد الكانطى للتاريخ	٣٠٦-
محمود محمد أحمد	ديفيد باييتو	الشعور	٣٠٧-
ممدوح عبد المنعم أحمد	ستيف جونز	علم الوراثة	٣٠٨-
جمال الجزيرى	أنجوس جيلاتى	الذهن والمنح	٣٠٩-
محيى الدين محمد حسن	ناجى هيد	يونج	٣١٠-

فاطمة إسماعيل	كوانجورود	٢١١- مقال في المنهج الفلسفي
أسعد حليم	وليم دي بويرز	٢١٢- روح الشعب الأسود
عبدالله الجعدي	خاير بيان	٢١٣- أمثال فلسطينية
هويدا السباعي	جيتس مينيك	٢١٤- الفن كعدم
كاميليا صبحي	ميشيل بروندينو	٢١٥- جرامشي في العالم العربي
نسيم مجلى	آف. ستون	٢١٦- محاكمة سقراط
أشرف الصباغ	شير لايموفا - زنيكين	٢١٧- بلاغ
أشرف الصباغ	نخبة	٢١٨- الأدب الروسي في السنوات العشر الأخيرة
حسام نايل	جايتز ياسييفاك وكريستوفر نوريس	٢١٩- صور نريدا
محمد علاء الدين منصور	مؤلف مجهول	٢٢٠- لعة السراج في حضرة التاج
نخبة من المترجمين	ليفى برو فنسال	٢٢١- تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ٢، ج ١)
خالد مفلح حمزة	بليو يوجين كلينباور	٢٢٢- وجهات غربية حديثة في تاريخ الفن
هانم سليمان	تراث يوناني قديم	٢٢٣- فن الساتورا
محمود سلامة علاوى	أشرف أسدى	٢٢٤- اللعب بالنار
كرستين يوسف	فيليب بوسان	٢٢٥- عالم الآثار
حسن صقر	جورجين هابرماس	٢٢٦- المعرفة والمصلحة
توفيق على منصور	نخبة	٢٢٧- مختارات شعرية مترجمة (ج ١)
عبد العزيز يقوش	نور الدين عبد الرحمن بن أحمد	٢٢٨- يوسف وزليخا
محمد عيد إبراهيم	تد هيوز	٢٢٩- رسائل عيد الميلاد
سامى صلاح	مارفن شبرد	٢٣٠- كل شيء عن التمثيل الصامت
سامية نياى	ستيفن جراى	٢٣١- عندما جاء السويين
على إبراهيم منوفى	نخبة	٢٣٢- القصة القصيرة في إسبانيا
بكر عباس	نبيل مطر	٢٣٣- الإسلام في بريطانيا
مصطفى فهمى	أرثرس كلارك	٢٣٤- لقطات من المستقبل
فتحى العشرى	ناتالى ساروت	٢٣٥- عصر الشك
حسن صابر	نصوص قديمة	٢٣٦- متون الأهرام
أحمد الأنصارى	جوزايا رويس	٢٣٧- فلسفة الولاء
جلال السعيد الحفناوى	نخبة	٢٣٨- نظرات حائرة (رقص من آخرى من الهند)
محمد علاء الدين منصور	على أسغر حكمت	٢٣٩- تاريخ الأدب في إيران (ج ٢)
فخرى لبيب	بيرش بيريروجلو	٢٤٠- اضطراب في الشرق الأوسط
حسن حلمى	راينر ماريا رلكه	٢٤١- قصائد من رلكه
عبد العزيز يقوش	نور الدين عبدالرحمن بن أحمد	٢٤٢- سلامان وأبسال
سمير عيد ريه	نادين جورديمر	٢٤٣- العالم البرجوازي الزائل
سمير عيد ريه	بيتر بلانجوه	٢٤٤- الموت في الشمس
يوسف عبد الفتاح فرج	يونه ندائى	٢٤٥- الركض خلف الزمن
جمال الجزيرى	رشاد رشدى	٢٤٦- سحر مصر
بكر الحلو	جان كوكتو	٢٤٧- الصبية الطائشون
عبدالله أحمد إبراهيم	محمد فؤاد كويريلى	٢٤٨- التصوف الأولون في الأدب التركي (ج ١)
أحمد عمر شاهين	آرثر والبرون وآخرون	٢٤٩- دليل القارئ إلى الثقافة الجادة

عطية شحاتة	أقلام مختلفة	بانوراما الحياة السياحية	٢٥٠-
أحمد الانصارى	جوزايا رويس	مبادئ المنطق	٢٥١-
نعيم عطية	قسطنطين كفافيس	قصائد من كفافيس	٢٥٢-
على إبراهيم منوفى	ياميليو بابون مالدوناند	الفن الإسلامى فى الأندلس (الزخرفة الهندسية)	٢٥٣-
على إبراهيم منوفى	ياميليو بابون مالدوناند	الفن الإسلامى فى الأندلس (الزخرفة النباتية)	٢٥٤-
محمود سلامة علاوى	حجت مرتضى	التيارات السياسية فى إيران	٢٥٥-
بدر الرقاعى	بول سالم	الميراث المر	٢٥٦-
عمر الفاروق عمر	نصوص قديمة	متون هيرميس	٢٥٧-
مصطفى حجازى السيد	نخبة	أمثال الهوسا العامية	٢٥٨-
حبيب الشارونى	أفلاطون	محاورات بارمنيدس	٢٥٩-
ليلى الشريينى	أندريه جاكوب ونويلا باركان	أنتروبولوجيا اللغة	٢٦٠-
عاطف معتمد وآمال شاور	الآن جرينجر	التصحح: التهديد والمجابهة	٢٦١-
سيد أحمد فتح الله	هاينرش شبورال	تلميذ بابنييرج	٢٦٢-
صبرى محمد حسن	ريتشارد جيسمون	حركات التحرير الأفريقية	٢٦٣-
نجلاء أبو عجاج	إسماعيل سراج الدين	حدائث شكسبير	٢٦٤-
محمد أحمد حمد	شارل بوداير	سام باريس	٢٦٥-
مصطفى محمود محمد	كلاريسا بنكولا	نساء يركضن مع النئاب	٢٦٦-
البراق عبدالهادى رضا	نخبة	القلم الجرىء	٢٦٧-
عابد خزندار	جيرالد برنس	المصطلح السردى	٢٦٨-
فوزية العشماوى	فوزية العشماوى	المرأة فى أنب نجيب محفوظ	٢٦٩-
فاطمة عبدالله محمود	كليرلا لويت	الفن والحياة فى مصر الفرعونية	٢٧٠-
عبدالله أحمد إبراهيم	محمد فؤاد كويريلى	المتصوفة الأوان فى الألب التركى (ج٢)	٢٧١-
وحيد السعيد عبدالحميد	وانغ مينغ	عاش الشباب	٢٧٢-
على إبراهيم منوفى	أميرتو إيكو	كيف تعد رسالة دكتوراه	٢٧٣-
حمادة إبراهيم	أندريه شديد	اليوم السادس	٢٧٤-
خالد أبو اليزيد	ميلان كونديرا	الخلود	٢٧٥-
إدوار الخراط	نخبة	الغضب وأحلام السنين	٢٧٦-
محمد علاء الدين منصور	على أصغر حكمت	تاريخ الألب فى إيران (ج٤)	٢٧٧-
يوسف عبدالفتاح فرج	محمد إقبال	المسافر	٢٧٨-
جمال عبدالرحمن	سنيل بات	ملك فى الحديقة	٢٧٩-
شيرين عبدالسلام	جوتتر جراس	حديث عن الخضارة	٢٨٠-
رانيا إبراهيم يوسف	ر. ل. تراسك	أساسيات اللغة	٢٨١-
أحمد محمد نادى	بهاء الدين محمد إسفنديار	تاريخ طبرستان	٢٨٢-
سمير عبدالحميد إبراهيم	محمد إقبال	هدية الحجاز	٢٨٣-
إيزابيل كمال	سوزان إنجيل	القصص التى يحكيها الأطفال	٢٨٤-
يوسف عبدالفتاح فرج	محمد على بهزادراد	مشتري العشق	٢٨٥-
ريهام حسين إبراهيم	جانيت تود	دفاعاً عن التاريخ الأنبيى النسوى	٢٨٦-
بهاء جاهين	چون نون	أغنيات وسوناتات	٢٨٧-
محمد علاء الدين منصور	سعدى الشيرازى	مواعظ سعدى الشيرازى	٢٨٨-

سمير عبدالحميد إبراهيم	نخبة	من الأدب الباكستاني المعاصر	-٢٨٩
عثمان مصطفى عثمان	نخبة	الأرشيقات والمدن الكبرى	-٢٩٠
منى البروي	مايف بينشى	الحافلة الليكوية	-٢٩١
عبداللطيف عبدالطيم	نخبة	مقامات ورسائل أندلسية	-٢٩٢
زينب محمود الخضيرى	ندوة لويس ماسينيون	فى قلب الشرق	-٢٩٣
هاشم أحمد محمد	بول ليفيز	القوى الأربع الأساسية فى الكون	-٢٩٤
سليم حمدان	إسماعيل قصبج	الأم سياوش	-٢٩٥
محمود سلامة علاوى	تقى تجارى راد	السافاك	-٢٩٦
إمام عبدالفتاح إمام	لورانس جين	نيتشه	-٢٩٧
إمام عبدالفتاح إمام	فيليب تودى	سارتر	-٢٩٨
إمام عبدالفتاح إمام	ليفيد ميروقتس	كامى	-٢٩٩
باهر الجوهري	مشيانيل إنده	مومو	-٤٠٠
ممدوح عبد المنعم	زيانون ساردر	الرياضيات	-٤٠١
ممدوح عبدالمنعم	ج. ب. ماك ايفوى	هوكنج	-٤٠٢
صاد حسن بكر	تودور شتورم	ربة المطر والملابس تصنع الناس	-٤٠٣
طنية خميس	ديفيد إبرام	تعويذة الحسى	-٤٠٤
حمادة إبراهيم	أنثريه جيد	إيزابيل	-٤٠٥
جمال عبد الرحمن	مانويلا مانتاناريس	المستعربون الإسبان فى القرن ١٩	-٤٠٦
طلعت شاهين	أقلام مختلفة	الأدب الإسباني المعاصر بأقلام كتابه	-٤٠٧
عنان الشهاوى	جوان فوتشركنج	معجم تاريخ مصر	-٤٠٨
إلهامى عمارة	برتراند راسل	انتصار السعادة	-٤٠٩
الزواوى بغورة	كارل بوير	خلاصة القرن	-٤١٠
أحمد مستجير	جينيغر أكرمان	همس من الماضى	-٤١١
نخبة	ليقى بروفنسال	تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ٢، ج ٢)	-٤١٢
محمد البخارى	ناظم حكمت	أغنيات المنفى	-٤١٣
أمل الصبيان	باسكال كازانوفنا	الجمهورية العالمية للأدب	-٤١٤
أحمد كامل عبدالرحيم	فريدريش دورنيمات	صورة كوكب	-٤١٥
مصطفى بنوى	أ. أ. رتشاردز	مبادئ النقد الأدبى والعلم والشعر	-٤١٦
مجاهد عبدالمنعم مجاهد	رينيه ويليك	تاريخ النقد الأدبى الحديث (ج ٥)	-٤١٧
عبد الرحمن الشيخ	جين هاثواى	سياسات الزهر الحاكمة فى مصر العثمانية	-٤١٨
نسيم مجلى	جون مايو	العصر الذهبى للإسكندرية	-٤١٩
الطيب بن رجب	فولتير	مكرو ميجاس	-٤٢٠
أشرف محمد كيلانى	روى متحدة	الولاء والقيادة	-٤٢١
عبدالله عبدالرازق إبراهيم	نخبة	رحلة لاستكشاف أفريقيا (ج ١)	-٤٢٢
وحيد النقاش	نخبة	إسراءات الرجل الطيف	-٤٢٣
محمد علاء الدين منصور	نور الدين عبدالرحمن الجامى	لوائح الحق ولوامع العشق	-٤٢٤
محمود سلامة علاوى	محمود طلوعى	من طاووس إلى فرح	-٤٢٥
محمد علاء الدين منصور وعبد الحفيظ يعقوب	نخبة	الخفافيش وقصص أخرى	-٤٢٦
ثرىا شلى	باى إنكلان	بانديراس الطاغية	-٤٢٧

محمد هورتك	محمد أمان صافى	الخزانة الخفية	-٤٢٨
ليود سبنسر وأندرزجى كروز	إمام عبدالفتاح إمام	هيجل	-٤٢٩
كروستوفر وانت وأنتزجى كليوفسكى	إمام عبدالفتاح إمام	كانط	-٤٣٠
كريس هوروكس وزوران جفتيك	إمام عبدالفتاح إمام	فوكو	-٤٣١
باتريك كيرى وأوسكار زاريت	إمام عبدالفتاح إمام	ماكياقللى	-٤٣٢
ديفيد نوريس وكارل فلنت	حمدى الجابرى	جويس	-٤٣٣
نوتكان هيث وچودن بورهام	عصام حجازى	الرومانسية	-٤٣٤
نيكولاس زديج	تاجى رشوان	توجهات ما بعد الحداثة	-٤٣٥
فريدريك كويلستون	إمام عبدالفتاح إمام	تاريخ الفلسفة (مج ١)	-٤٣٦
شبللى النعمانى	جلال السعيد الحقاوى	رحالة هندي فى بلاد الشرق	-٤٣٧
إيمان ضياء الدين بييرس	عايدة سيف الدولة	بطولات وضحايا	-٤٣٨
صدر الدين عينى	محمد علاء الدين منصور وعبد الحفيظ يعقوب	موت المرابى	-٤٣٩
كروستن بروسناد	محمد طارق الشرقاوى	قواعد اللهجات العربية	-٤٤٠
أرونداتى روى	فخرى لبيب	رب الأشياء الصغيرة	-٤٤١
فوزية أسعد	ماهر جويجاتى	حتشبسوت (المرأة الفرعونية)	-٤٤٢
كيس فرستينج	محمد طارق الشرقاوى	اللغة العربية	-٤٤٣
لاوريت سيجورنه	صالح علمانى	أمريكا اللاتينية: الثقافات القديمة	-٤٤٤
پرويز ناتل خانلرى	محمد محمد يونس	حول وزن الشعر	-٤٤٥
الكسندر كوكيرن وجيفرى سانت كلير	أحمد محمود	التحالف الأسود	-٤٤٦
ج. پ. ماك إيڤوى	ممدوح عبدالمنعم	نظرية الكم	-٤٤٧
ديلان إيفانز وأوسكار زاريت	ممدوح عبدالمنعم	علم نفس التطور	-٤٤٨
نخبة	جمال الجزيرى	الحركة النسائية	-٤٤٩
صوفيا فوكا وريبيكا رايت	جمال الجزيرى	ما بعد الحركة النسائية	-٤٥٠
ريتشارد أوزبورن ويورن فان لون	إمام عبد الفتاح إمام	الفلسفة الشرقية	-٤٥١
ريتشارد إيجناترى وأوسكار زاريت	محيى الدين مزيد	ليدين والثورة الروسية	-٤٥٢
جان لوك أرنو	حليم طوسون وفؤاد الدمان	القاهرة: إقامة مدينة حديثة	-٤٥٣
رينيه بريڊال	سوزان خليل	خمسون عاماً من السينما الفرنسية	-٤٥٤
فريدريك كويلستون	محمود سيد أحمد	تاريخ الفلسفة الحديثة (مج ٥)	-٤٥٥
مريم جعفرى	هويدا عزت محمد	لا تتسنى	-٤٥٦
سوزان مولر أوكين	إمام عبدالفتاح إمام	النساء فى الفكر السياسى الغربى	-٤٥٧
مرثيدس غارثيا أرينال	جمال عبد الرحمن	الموريسكيون الأندلسيون	-٤٥٨
توم تيتنبرج	جلال البنا	نحو مفهوم لاقتصاديات الموارد الطبيعية	-٤٥٩
ستوارت هود وليتزا جانستز	إمام عبدالفتاح إمام	الفاشية والنازية	-٤٦٠
داريان ليدر وجوى جروفز	إمام عبدالفتاح إمام	لكأن	-٤٦١
عبدالرشيد الصانق محمودى	عبدالرشيد الصانق محمودى	طه حسين من الأزهر إلى السوريين	-٤٦٢
ويليام بلوم	كمال السيد	الدولة المارقة	-٤٦٣
مايكل بارنتى	حصه إبراهيم المنيف	ديمقراطية للقتل	-٤٦٤
لويس جنزيرج	جمال الرقاعى	قصص اليهود	-٤٦٥
فيولين قاتويك	فاطمة محمود	حكايات حب ويطولات فرعونية	-٤٦٦

٤٦٧-	التفكير السياسى	ستيفين ديلى	ربيع وهبة
٤٦٨-	روح الفلسفة الحديثة	جوزايا رويس	أحمد الأنصارى
٤٦٩-	جلال الملوك	نصوص حبشية قديمة	مجدى عبدالرازق
٤٧٠-	الأراضى والجودة البيئية	نخبة	محمد السيد الننة
٤٧١-	رحلة لاستكشاف أفريقيا (ج٢)	نخبة	عبد الله عبد الرازق إبراهيم
٤٧٢-	دون كيكوتى (القسم الأول)	ميجيل دى ثريانتس سايبيرا	سليمان العطار
٤٧٣-	دون كيكوتى (القسم الثانى)	ميجيل دى ثريانتس سايبيرا	سليمان العطار
٤٧٤-	الأدب والنسوية	بام موريس	سهام عبدالسلام
٤٧٥-	صوت مصر: أم كلثوم	فرجينيا دانيلسون	عادل هلال عنانى
٤٧٦-	أرض الحبايب بعيدة: بيرم التونسى	ماريلين بوث	سحر توفيق
٤٧٧-	تاريخ الصين	هيلدا هوخام	أشرف كيلانى
٤٧٨-	الصين والولايات المتحدة	ليوشيه شنج و لى شى لونغ	عبد العزيز حمدى
٤٧٩-	المقهى (مسرحية صينية)	لاوشه	عبد العزيز حمدى
٤٨٠-	تساي ون جى (مسرحية صينية)	كو موروا	عبد العزيز حمدى
٤٨١-	عبادة النبى	روى متحدة	رضوان السيد
٤٨٢-	موسوعة الأساطير والرموز الفرعونية	روبير جاك تيبو	فاطمة محمود
٤٨٣-	النسوية وما بعد النسوية	سارة چامبل	أحمد الشامى
٤٨٤-	جمالية التلقى	هانسن روبيرت ياوس	رشيد بنحو
٤٨٥-	التوبة (رواية)	نذير أحمد الدهلوى	سمير عبدالحميد إبراهيم
٤٨٦-	الذاكرة الحضارية	يان أسمن	عبدالحليم عبدالغنى رجب
٤٨٧-	الرحلة الهندية إلى الجزيرة العربية	رفيع الدين المراد أبادى	سمير عبدالحميد إبراهيم
٤٨٨-	الحب الذى كان وقصائد أخرى	نخبة	سمير عبدالحميد إبراهيم
٤٨٩-	هُسْرُل: الفلسفة علماً دقيقاً	هُسْرُل	محمود رجب
٤٩٠-	أسمار البيغاء	محمد قانرى	عبد الوهاب علوب
٤٩١-	نصوص قصصية من روائع الألب الأفرىقى	نخبة	سمير عبد ربه
٤٩٢-	محمد على مؤسس مصر الحديثة	جى فارجيت	محمد رفعت عواد
٤٩٣-	خطابات إلى طالب الصوتيات	هارواد بالمر	محمد صالح الضالع
٤٩٤-	كتاب الموتى (الخروج فى النهار)	نصوص مصرية قديمة	شريف الصيفى
٤٩٥-	اللوى	إبوارد تيفان	حسن عبد ربه المصرى
٤٩٦-	الحكم والسياسة فى أفريقيا (ج١)	إكوانو بانولى	نخبة
٤٩٧-	العلمانية والنوع والنولة فى الشرق الأوسط	نادية العلى	مصطفى رياض
٤٩٨-	النساء والنوع فى الشرق الأوسط الحديث	جويث تاكر ومارجريت مريونز	أحمد على بنوى
٤٩٩-	تقاطعات: الأمة والمجتمع والجنس	نخبة	فيصل بن خضراء
٥٠٠-	فى طفولتى (دراسة فى السيرة الذاتية للعربية)	تيتز روكى	طلعت الشايب
٥٠١-	تاريخ النساء فى الغرب (ج١)	أرثر جولد هامر	سحر فراج
٥٠٢-	أصوات بديلة	هدى الصدة	هالة كمال
٥٠٣-	مختارات من الشعر الفارسى الحديث	نخبة	محمد نور الدين عبدالمنعم
٥٠٤-	كتابات أساسية (ج١)	مارتن هايديجر	إسماعيل المصدق
٥٠٥-	كتابات أساسية (ج٢)	مارتن هايديجر	إسماعيل المصدق

عبد الحميد فهمي الجمال	آن تيلار	ربما كان قديساً	٥٠٦-
شوقي فهمي	بيتر شيفر	سيدة الماضي الجميل	٥٠٧-
عبدالله أحمد إبراهيم	عبد الباقي جليتا رلي	المولوية بعد جلال الدين الرومي	٥٠٨-
قاسم عبده قاسم	أنم صبرة	الفقر والإحسان في عهد سلاطين المماليك	٥٠٩-
عبد الرزق عيد	كارلو جولونوني	الأرملة الماكرة	٥١٠-
عبد الحميد فهمي الجمال	آن تيلار	كوكب مرقد	٥١١-
جمال عبد الناصر	تيموثي كوريغان	كتابة النقد السيماني	٥١٢-
مصطفى إبراهيم فهمي	تيد أنتون	العلم الجسور	٥١٣-
مصطفى بيومي عبد السلام	جويتان كولار	مدخل إلى النظرية الأنبيية	٥١٤-
فدوى مالمى نوجلاس	فدوى مالمى نوجلاس	من التقليد إلى ما بعد الحدائث	٥١٥-
صبري محمد حسن	أرنولد واشنطن ووهوتا باوندي	إرادة الإنسان في شفاء الإيمان	٥١٦-
سمير عبد الحميد إبراهيم	نخبة	نقش على الماء وقصص أخرى	٥١٧-
هاشم أحمد محمد	إسحق عظيموف	استكشاف الأرض والكون	٥١٨-
أحمد الأنصاري	جوزايا رويس	محاضرات في المثالية الحديثة	٥١٩-
أمل الصبان	أحمد يوسف	الولع بمصر من الطم إلى المشروع	٥٢٠-
عبد الوهاب بكر	أرثر جولاد سميث	قاموس تراجم مصر الحديثة	٥٢١-
على إبراهيم منوفي	أميركو كاسترو	إسبانيا في تاريخها	٥٢٢-
على إبراهيم منوفي	باسيليو بابون مالدونادو	الفن الطليطلي الإسلامي والمدجن	٥٢٣-
محمد مصطفى بدوي	وايم شكسبير	الملك لير	٥٢٤-
نادية رفعت	لنيس جونسون رزيفز	موسم صيد في بيروت وقصص أخرى	٥٢٥-
محيي الدين مزيد	ستيفن كرويل ووايم رانكين	علم السياسة البيئية	٥٢٦-
جمال الجزيري	ديفيد زين ميروفيتس وروبرت كرمب	كافكا	٥٢٧-
جمال الجزيري	طارق على وفل إيفانز	تروتسكي والماركسية	٥٢٨-
حازم محفوظ وحسين نجيب المصري	محمد إقبال	بدائع العلامة إقبال في شعره الأردى	٥٢٩-
عمر الفاروق عمر	رينيه جينو	مدخل عام إلى فهم النظريات التراثية	٥٣٠-
صفاء فتحي	چاك بريددا	ما الذي حدث في «حدث» ١١ سبتمبر؟	٥٣١-
يشير السباعي	هنري لورنس	المغامر والمستشرق	٥٣٢-
محمد الشرقاوي	سوزان جاس	تطم اللغة الثانية	٥٣٣-
حمادة إبراهيم	سيفرين لبا	الإسلاميون الجزائريون	٥٣٤-
عبد العزيز بقوش	نظامي الكتجوي	مخزن الأسرار	٥٣٥-
شوقي جلال	صمويل هنتجتون	الثقافات وقيم التقيم	٥٣٦-
عبد الغفار مكاوي	نخبة	للحب والحرية	٥٣٧-
محمد الحديدي	كيت دانيلار	النفس والآخر في قصص يوسف الشاروني	٥٣٨-
محسن مصيلحي	كاريل تشرشل	خمس مسرحيات قصيرة	٥٣٩-
رعوف عباس	السير رونالد ستورس	توجهات بريطانية - شرقية	٥٤٠-
مروة رزق	خوان خوسيه مياس	هي تخيل وهلاوس أخرى	٥٤١-
نعيم عطية	نخبة	قصص مختارة من الألب اليوناني الحديث	٥٤٢-
وقاء عبدالقادر	باتريك بروجان وكريس جرات	السياسة الأمريكية	٥٤٣-
حمدي الجابري	نخبة	ميلاني كلاين	٥٤٤-



عزت عامر	فرانسيس كريك	يا له من سباق محموم	٥٤٥-
توفيق على منصور	ت. ب. وايزمان	ريموس	٥٤٦-
جمال الجزيري	فيليب ثودي وأن كورس	بارت	٥٤٧-
حمدي الجابري	ريتشارد أوزيرين ويودت فان لون	علم الاجتماع	٥٤٨-
جمال الجزيري	بول كويلي وليتا جانز	علم العلامات	٥٤٩-
حمدي الجابري	نيك جروم وييرو	شكسبير	٥٥٠-
سمحة الخولي	سايمون ماندي	الموسيقى والعولة	٥٥١-
على عبد الرعوف اليمبي	ميجيل دي ثريانتس	قصص مثالية	٥٥٢-
رجاء ياقوت	دانيال لوفرس	مدخل للشعر الفرنسي الحديث والمعاصر	٥٥٣-
عبدالسميع عمر زين الدين	عفاف لطفى السيد مارسوه	مصر في عهد محمد علي	٥٥٤-
أنور محمد إبراهيم ومحمد نصرالدين الجبالي	أناتولى أوتكين	الإستراتيجية الأمريكية للقرن الحادي والعشرين	٥٥٥-
حمدي الجابري	كريس هوروكس وزوران جيفتك	جان بودريار	٥٥٦-
إمام عبدالفتاح إمام	ستوارت هود وجراهام كرولي	الماركيز دي ساد	٥٥٧-
إمام عبدالفتاح إمام	زيومين ساردارويورين فان لون	الدراسات الثقافية	٥٥٨-
عبدالحى أحمد سالم	تشا تشاجي	الماس الزائف	٥٥٩-
جلال السعيد الحفناوي	نخبة	صلصلة الجرس	٥٦٠-
جلال السعيد الحفناوي	محمد إقبال	جناح جبريل	٥٦١-
عزت عامر	كارل سماجان	بلايين ويلابين	٥٦٢-
صبرى محمدي التهامي	خائيتو بينابينتو	ورود الخريف	٥٦٣-
صبرى محمدي التهامي	خائيتو بينابينتو	عش الغريب	٥٦٤-
أحمد عبدالحميد أحمد	بيورا، ج. جيرنر	الشرق الأوسط المعاصر	٥٦٥-
على السيد على	موريس بيشوب	تاريخ أوروبا في العصور الوسطى	٥٦٦-
إبراهيم سلامة إبراهيم	مايكل رايس	الوطن المغتصب	٥٦٧-
عبد السلام حيدر	عبد السلام حيدر	الأصول في الرواية	٥٦٨-
ثائر نيب	هومي. ك. بابا	موقع الثقافة	٥٦٩-
يوسف الشاروني	سير روبرت هاي	نول الخليج الفارسي	٥٧٠-
السيد عبد الظاهر	إيميليا دي ثوايتا	تاريخ النقد الإسباني المعاصر	٥٧١-
كمال السيد	برونو أليوا	الطب في زمن القراعة	٥٧٢-
جمال الجزيري	ريتشارد ايجنانس وأسكار زارتي	فرويد	٥٧٣-
علاء الدين عبد العزيز السباعي	حسن بيرنيا	مصر القديمة في عيون الإيرانيين	٥٧٤-
أحمد محمود	نجير وودز	الاقتصاد السياسي للعولة	٥٧٥-
ناهد العشري محمد	أمريكو كاسترو	فكر ثريانتس	٥٧٦-
محمد قدرى عمارة	كاراو كولودي	مغامرات بينوكيو	٥٧٧-
محمد إبراهيم وعصام عبد الرعوف	أيومي ميزوكوشي	الجماليات عند كيتس وهنت	٥٧٨-
محيى الدين مزيد	چون ماهر وچودي جرونز	تشومسكي	٥٧٩-
محمد فتحي عبدالهادي	جون فيزر ويول سيجرز	دائرة المعارف الدولية (جا)	٥٨٠-
سليم عبد الأمير حمدان	ماريو بوزو	الحققي يموتون	٥٨١-
سليم عبد الأمير حمدان	هوشنك كلشيري	مرايا الذات	٥٨٢-
سليم عبد الأمير حمدان	أحمد محمود	الجيران	٥٨٣-

سليم عبد الأمير حمدان	محمود نوات أباندى	سفر	٥٨٤-
سليم عبد الأمير حمدان	هوشنك كلشيري	الأمير احتجاب	٥٨٥-
سهام عبد السلام	ليزيث مالكموس وروى آرمز	السينما العربية والأفريقية	٥٨٦-
عبدالعزیز حمدي	نخبة	تاريخ تطور الفكر الصينى	٥٨٧-
ماهر جويجاتى	آنيس كايرول	أمتحوتب الثالث	٥٨٨-
عبدالله عبدالرازق إبراهيم	فيلكس بيواه	تمبكت العجبية	٥٨٩-
محمود مهدي عبدالله	نخبة	أساطير من الموروثات الشعبية الفنلندية	٥٩٠-
على عبدالنواب على وصلاح رمضان السيد	هوراتيس	الشاعر والمفكر	٥٩١-
مجدى عبدالحافظ وعلى كورخان	محمد صبرى السورىونى	الثورة المصرية	٥٩٢-
بكر الطو	بول قاليوى	قصائد ساحرة	٥٩٣-
أمانى فوزى	سوزانا تامارو	القلب السمين	٥٩٤-
نخبة	إكوانو بانولى	الحكم والسياسة فى أفريقيا (ج٢)	٥٩٥-
إيهاب عبدالرحيم محمد	روبرت بيچارليه وآخرون	الصحة العقلية فى العالم	٥٩٦-
جمال عبدالرحمن	خوليو كاروباروخا	مسلمو غرناطة	٥٩٧-
بيومى على قنديل	نونالد ريدفورد	مصر وكنعان وإسرائيل	٥٩٨-
محمود سلامة علاوى	هرداد مهران	فلسفة الشرق	٥٩٩-
مدحت طه	برنارد لويس	الإسلام فى التاريخ	٦٠٠-
أيمن بكر وسمر الشيشكلي	ريان فوت	النسوية والمواطنة	٦٠١-
إيمان عبدالعزیز	جيمس وايامز	ليوتار: نحو فلسفة ما بعد حداثة	٦٠٢-
وفاء إبراهيم ورمضان بسطاويسى	آرثر أيزابجر	النقد الثقافى	٦٠٣-
توفيق على منصور	باتريك ل. أبوت	الكوارث الطبيعية (ج١)	٦٠٤-
مصطفى إبراهيم فهمى	إرنست زيبروسكى الصغير	مخاطر كوكبنا المضطرب	٦٠٥-
محمود إبراهيم السعدنى	ريتشارد هاريس	قصة البردى اليونانى فى مصر	٦٠٦-
صبرى محمد حسن	هارى سينت فيلبى	قلب الجزيرة العربية (ج١)	٦٠٧-
صبرى محمد حسن	هارى سينت فيلبى	قلب الجزيرة العربية (ج٢)	٦٠٨-
شوقى جلال	أجنر فوج	الانتخاب الثقافى	٦٠٩-
على إبراهيم منوفى	رفائيل لويث جوثمان	العمارة المدججة	٦١٠-
فخرى صالح	تيرى إيبلتون	النقد والأيدولوجية	٦١١-
محمد محمد يونس	فضل الله بن حامد الحسينى	رسالة النفسية	٦١٢-
محمد فريد حجاب	كوان مايكل هول	السياحة والسياسة	٦١٣-
منى قطان	فوزية أسعد	بيت الأقصر الكبير	٦١٤-
محمد رفعت عواد	أليس بسيرينى	عرض الأحداث التى وقعت فى بغداد	٦١٥-
أحمد محمود	روبرت يانج	أساطير بيضاء	٦١٦-
أحمد محمود	هوراس بيك	الفولكلور والبحر	٦١٧-
جلال البنا	تشارلز فيلبس	نحو مفهوم لاقتصاديات الصحة	٦١٨-
عايدة الباجورى	ريمون استانبولى	مفاتيح أورشليم القدس	٦١٩-
بشير السباعى	توماس ماستنك	السلام الصليبي	٦٢٠-
فؤاد عكود	وليم. ي. أرمز	النوبة المعبر الحضارى	٦٢١-
أمير نبيه وعبدالرحمن حجازى	أى تشينغ	أشعار من عالم اسمه الصين	٦٢٢-

يوسف عبدالفتاح	سعيد قانعى	نوادير جحا الإيرانية	٦٢٢-
عمر الفاروق	رينيه جينو	أزمة العالم الحديث	٦٢٤-
محمد يرادة	جان جينيه	الجرح السرى	٦٢٥-
توفيق على منصور	نخبة	مختارات شعرية مترجمة (ج٢)	٦٢٦-
عبدالوهاب علوب	نخبة	حكايات إيرانية	٦٢٧-
مجدى محمود الميجى	تشارلس داروين	أهل الأنواع	٦٢٨-
عزة الخميسى	نيقولاى جويات	قرن آخر من الهيمنة الأمريكية	٦٢٩-
صبرى محمد حسن	أحمد بلو	سيرتى الذاتية	٦٣٠-
ياشرفه: حسن طلب	نخبة	مختارات من الشعر الأفريقى المعاصر	٦٣١-
رانيا محمد	لوورس يرامون	المسلمون واليهود فى مملكة فالنسيا	٦٣٢-
حمادة إبراهيم	نخبة	الحب وفنونه	٦٣٣-
مصطفى البهنساوى	روى مالكويد واسماعيل سراج الدين	مكتبة الإسكندرية	٦٣٤-
سمير كريم	جودة عبد الخالق	التثبيت والتكيف فى مصر	٦٣٥-
سامية محمد جلال	جناب شهاب الدين	حج يواندة	٦٣٦-
بدر الرفاعى	ف. روبرت هتتر	مصر الخبيوية	٦٣٧-
فؤاد عبد المطلب	روبرت بن ودين	الديمقراطية والشعر	٦٣٨-
أحمد شافعى	تشارلز سيميك	فندق الأرق	٦٣٩-
حسن حبشى	الأميرة أناكومينا	الكسياد	٦٤٠-
محمد قدرى عمارة	برتراند رسل	برتراند رسل (مختارات)	٦٤١-
ممنوح عبد المنعم	جوناثان ميلر ويورين فان لون	داروين والتطور	٦٤٢-
سمير عبدالحميد إبراهيم	عبد الماجد الريابادى	سفرنامه حجاز	٦٤٣-
فتح الله الشيخ	هوارد د. تيرنر	العلوم عند المسلمين	٦٤٤-
عبد الوهاب طوب	تشارلز كجلى ويوجين ويتكوف	السياسة الخارجية الأمريكية وممارستها الداخلية	٦٤٥-
عبد الوهاب علوب	سپهر نبيح	قصة الثورة الإيرانية	٦٤٦-
فتحى العشرى	جون نيفيه	رسائل من مصر	٦٤٧-
خليل كلفت	بياتريث سارلو	بورخيس	٦٤٨-
سحر يوسف	نخبة	الخوف وقصص خرافية أخرى	٦٤٩-
عبد الوهاب علوب	روجر أوين	الدولة والسلطة والسياسة فى الشرق الأوسط	٦٥٠-
أمل الصبان	ويتائق قديمة	ديليسيبس الذى لا نعرفه	٦٥١-
حسن نصر الدين	كلود ترونكر	آلهة مصر القديمة	٦٥٢-
سمير جريس	إيريش كستتر	مدرسة الطاقة	٦٥٣-
عبد الرحمن الخميسى	نصوص قديمة	أساطير شعبية من أوزبكستان (ج١)	٦٥٤-
حليم طوسون ومحمود ماهر طه	إيزابيل قرانكو	أساطير وآلهة	٦٥٥-
ممنوح البستاوى	ألفونسو ساسترى	خيز الشعب والأرض الحمراء	٦٥٦-
خالد عباس	مرثيديس غارثيا- أرينال	محاكم التفتيش والموريسكيون	٦٥٧-
صبرى التهامى	خوان رامون خيمينيث	حوارات مع خوان رامون خيمينيث	٦٥٨-
عبد اللطيف عبداللطيم	نخبة	قصائد من إسبانيا وأمريكا اللاتينية	٦٥٩-
هاشم أحمد محمد	ريتشارد فايفيلد	نافذة على أحدث العلوم	٦٦٠-
صبرى التهامى	نخبة	روائع أندلسية إسلامية	٦٦١-

صبرى التهامى	داسو سانلييار	رحلة إلى الجنور	٦٦٢-
أحمد شافعى	ليوسيل كليفتون	امراة عادية	٦٦٣-
عصام زكريا	ستيفن كوهان - إنا راى هارك	الرجل على الشاشة	٦٦٤-
هاشم أحمد محمد	بول دافيز	عوالم أخرى	٦٦٥-
مدحت الجيار	وولفجانج اتش كليمن	تطور الصورة الشعرية عند شكسبير	٦٦٦-
على ليلة	ألغن جوانتر	الأزمة القادمة لعلم الاجتماع الغربى	٦٦٧-
ليلى الجبالى	فريدريك چيمسون - ماساو ميوشى	ثقافات العولة	٦٦٨-
تسيم مجلى	وول شوينكا	ثلاث مسرحيات	٦٦٩-
ماهر البطوطى	جوستاف أنوفو	أشعار جوستاف أنوفو	٦٧٠-
على عبدالأمير صالح	جيمس بولدين	قل لى كم مضى على رحيل القطار؟	٦٧١-
إبتهال سالم	نخبة	مختارات قصائد فرنسية للأطفال	٦٧٢-
جلال السعيد الحفناوى	محمد إقبال	ضرب الكليم	٦٧٣-
محمد علاء الدين منصور	آية الله العظمى الخمينى	ديوان الإمام الخمينى	٦٧٤-
ياشرف: محمود إبراهيم السعدنى	مارتن برنال	أثينا السوداء (ج٢، ج١)	٦٧٥-
ياشرف: محمود إبراهيم السعدنى	مارتن برنال	أثينا السوداء (ج٢، ج١)	٦٧٦-
أحمد كمال الدين حلمى	إنوارد جرانثيل براون	تاريخ الألب فى إيران (ج١ ، ج٢)	٦٧٧-
أحمد كمال الدين حلمى	إنوارد جرانثيل براون	تاريخ الألب فى إيران (ج٢ ، ج١)	٦٧٨-
توفيق على منصور	ويليام شكسبير	مختارات شعرية مترجمة (ج٢)	٦٧٩-
سمير عبد ربه	وول سوينكا	سنوات الطفولة	٦٨٠-
أحمد الشيمى	ستانلى فش	هل يوجد نص فى هذا الفصل؟	٦٨١-
صبرى محمد حسن	بن أوكرى	نجوم حظر التجول الجديد	٦٨٢-
صبرى محمد حسن	تى. م. أوكو	سكين واحد لكل رجل	٦٨٢-
رزق أحمد بهنسى	أوراثيو كيروجا	الأعمال القصصية (ج١)	٦٨٤-
رزق أحمد بهنسى	أوراثيو كيروجا	الأعمال القصصية (ج٢)	٦٨٥-
سحر توفيق	ماكسين هونج كنجستون	امراة محاربة	٦٨٦-
ماجدة العنانى	فتانة حاج سيد جوادى	محبوبة	٦٨٧-
فتح الله الشيخ وأحمد السماحى	فيليب م. نورر وريتشارد أ. موار	الانفجارات الثلاثة الكبرى	٦٨٨-
هناء عبد الفتاح	تادووش روجيفيتش	الملف	٦٨٩-
رمسيس عوض	چوزيف ر. سترابير	محاكم التفتيش فى فرنسا	٦٩٠-
رمسيس عوض	دنيس براين	ألبرت اينشتين: حياته وغرامياته	٦٩١-
حمدى الجابرى	ريتشارد أليجاتسى وأوسكار زاريت	الوجوبية	٦٩٢-
جمال الجزيرى	حاتيم برشيت وأخران	القتل الجماعى: المحرقة	٦٩٣-
حمدى الجابرى	جيف كواينز وبييل ماييلين	بريدا	٦٩٤-
إمام عبدالفتاح إمام	ديف روينسون وجودى جروف	رسل	٦٩٥-
إمام عبدالفتاح إمام	ديف روينسون وأوسكار زاريت	روسو	٦٩٦-
إمام عبدالفتاح إمام	روبرت وديفن وجودى جروف	أرسطر	٦٩٧-
إمام عبدالفتاح إمام	ليود سينسر وأندرزجى كروز	عصر التنوير	٦٩٨-
جمال الجزيرى	إيفان وارد وأوسكار زاراتى	التحليل النفسى	٦٩٩-
بسمة عبدالرحمن	ماريو فرجاش	حقيقة كاتب	٧٠٠-

منى اليرنس	وليم رود فيفيان	الذاكرة والحدائق	٧٠١-
محمود علاوى	أحمد وكيليان	الأمثال الفارسية	٧٠٢-
أمين الشواربى	إنوارد جرانفيل براون	تاريخ الأدب فى إيران (ج٢)	٧٠٣-
محمد علاء الدين منصور وأخراى	مولانا جلال الدين الرومى	فيه ما فيه	٧٠٤-
عبد الحميد مذكور	الإمام الغزالى	فضل الأنام من رسائل حجة الإسلام	٧٠٥-
عزت عامر	جونسون ف. يان	الشفرة الوراثية وكتاب التحولات	٧٠٦-
وفاء عبدالقادر	نخبة	قالت بنيامين	٧٠٧-
رعوف عباس	دونالد مالكوام رود	فراغنة من؟	٧٠٨-
عادل نجيب بشرى	ألفريد أبلر	معنى الحياة	٧٠٩-
دعاء محمد الخطيب	يان هاتشبائى وجوموران - إليس	الأطفال: التكنولوجيا والثقافة	٧١٠-
هناى عبد الفتاح	ميرزا محمد هادى رسوا	درة التاج	٧١١-
سليمان البستانى	هوميروس	الإلياذة (ج١)	٧١٢-
سليمان البستانى	هوميروس	الإلياذة (ج٢)	٧١٣-
حننا صاوه	لامنيه	حديث القلوب	٧١٤-
نخبة من المترجمين	مجموعة من المؤلفين	جامعة كل المعارف (ج١)	٧١٥-
نخبة من المترجمين	مجموعة من المؤلفين	جامعة كل المعارف (ج٢)	٧١٦-
نخبة من المترجمين	مجموعة من المؤلفين	جامعة كل المعارف (ج٣)	٧١٧-
نخبة من المترجمين	مجموعة من المؤلفين	جامعة كل المعارف (ج٤)	٧١٨-
نخبة من المترجمين	مجموعة من المؤلفين	جامعة كل المعارف (ج٥)	٧١٩-
نخبة من المترجمين	مجموعة من المؤلفين	جامعة كل المعارف (ج٦)	٧٢٠-
مصطفى لبيب عبد الغنى	هارى أ. ولفسون	فلسفة المتكلمين فى الإسلام (مج١)	٧٢١-
المنصافى أحمد القطورى	يشار كمال	الصفحة وقصص أخرى	٧٢٢-
أحمد ثابت	إفرايم نيمنى	تحديات ما بعد الصهيونية	٧٢٣-
عبد الريس	بول روبنسون	اليسار الفرويدى	٧٢٤-
مى مقلد	جون فيتكس	الاضطراب النفسى	٧٢٥-
مروة محمد إبراهيم	غيرمو غوثاليس بوسنو	الموريسكيون فى الغرب	٧٢٦-
وحيد السعيد	باچين	حلم البحر	٧٢٧-
أميرة جمعة	موريس أليه	العولة: تدمير العمالة والنمو	٧٢٨-
هویدا عزت	صانق زيباكلام	الثورة الإسلامية فى إيران	٧٢٩-
عزت عامر	أن جاتى	حكايات من السهول الأفريقية	٧٣٠-
محمد قدرى عمارة	نخبة	النوع: الذكر والأنثى بين التمييز والاختلاف	٧٣١-
سمير جريس	إنجو شولتسه	قصص بسيطة	٧٣٢-
محمد مصطفى بدوى	وليم شيكسبير	مأساة عطيل	٧٣٣-
أمل الصبان	أحمد يوسف	بوتابرت فى الشرق الإسلامى	٧٣٤-
محمود محمد مكي	مايكل كويرسون	فن السيرة فى العربية	٧٣٥-
شعبان مكارى	هوارد زن	التاريخ الشعبى للولايات المتحدة (ج١)	٧٣٦-
توفيق على منصور	باتريك ل. أبوت	الكوارث الطبيعية (ج٢)	٧٣٧-
محمد عواد	جيرار لى جورج	دمشق من عصر ما قبل التاريخ إلى الثورة الملوكية (ج١)	٧٣٨-
محمد عواد	جيرار لى جورج	دمشق من الإمبراطورية العثمانية حتى الوقت الحاضر (ج٢)	٧٣٩-

مرفت ياقوت	بارى هندس	خطابات القوة	٧٤٠-
أحمد هيكل	برنارد لويس	الإسلام وأزمة العصر	٧٤١-
رزق بهنسى	خوميه لاكوانرا	أرض حارة	٧٤٢-
شوقى جلال	روبرت أونجر	الثقافة منظور داروينى	٧٤٣-
سمير عبد الحميد	محمد إقبال	ديوان الأسرار والرموز	٧٤٤-
محمد أبو زيد	بيك الدينبلى	المآثر السلطانية	٧٤٥-
حسن النعيمى	جوزيف . أ. شوميتر	تاريخ التحليل الاقتصادى (مج ١)	٧٤٦-
إيمان عبد العزيز	تريفور وايتوك	المجاز فى لغة السينما	٧٤٧-
سمير كريم	فرانسيس بويل	تدمير النظام العالمى	٧٤٨-
باتسى جمال الدين	ل.ج. كالفيه	أيكولوجيا لغات العالم	٧٤٩-
أحمد عثمان	هوميروس	الإلياذة	٧٥٠-
ملاء السباعى	نخبة	الإسراء والمعراج فى تراث الشعر الفارسى	٧٥١-
نمر عارورى	جمال قارصلى	ألمانيا بين عقدي الذنب والخوف	٧٥٢-
محسن يوسف	إسماعيل سراج الدين وآخرون	التممية والقيم	٧٥٣-
عبد السلام حيدر	أنا ماري شيميل	الشرق والغرب	٧٥٤-
على إبراهيم منوفى	أندروب ديكي	تاريخ الشعر الإيبانى خلال القرن العشرين	٧٥٥-
خالد محمد عباس	إنريكي خاربييل بوئيلا	ذات العين الساحرة	٧٥٦-
أمال الروبى	باتريشيا كرون	تجارة مكة	٧٥٧-
عاطف عبد الحميد	بروس روبنز	الإحساس بالعولة	٧٥٨-
جلال السعيد الحفناوى	مواوى سيد محمد	النثر الأردى	٧٥٩-
السيد الأسود	السيد الأسود	الدين والتصوير الشعبى للكون	٧٦٠-
فاطمة ناعوت	فيرجينيا وواف	جيوب مثقلة بالحجارة	٧٦١-
عبدالمعال صالح	ماريا سوليداد	المسلم عبواً و صديقاً	٧٦٢-
نجوى عمر	أنريكو بيا	الحياة فى مصر	٧٦٣-
حازم محفوظ	غالب الدهلوى	ديوان غالب الدهلوى (شعر غزل)	٧٦٤-
حازم محفوظ	خواجة الدهلوى	ديوان خواجة الدهلوى (شعر تصوف)	٧٦٥-
غازى برو و خليل أحمد خليل	تيرى هنتش	الشرق المتخيل	٧٦٦-
غازى برو	نسيب سمير الحسينى	الغرب المتخيل	٧٦٧-
محمود فهمى حجازى	محمود فهمى حجازى	حوار الثقافات	٧٦٨-
رندا النشار و ضياء زاهر	فريدريك هتمان	أدباء أحياء	٧٦٩-
صبرى التهامى	بينيتو بيريث جالدوس	السيدة بيرفيكتا	٧٧٠-
صبرى التهامى	ريكارنو جويرالديس	السيد سيجونو سومبرا	٧٧١-
محسن مصيلحى	إليزابيث رايت	برخت ما بعد الحدائة	٧٧٢-
محمد فتحى عبدالهادى	جون فيزر و بول ستيرجز	دائرة المعارف الدولية ج ٢	٧٧٣-
حسن عبد ربه المصرى	نخبة	الديموقراطية الأمريكية، التاريخ والمرتكزات	٧٧٤-
جلال الحفناوى	تنير أحمد الدهلوى	مرآة العروس	٧٧٥-
محمد محمد يونس	فريد الدين العطار	منظومة مصيبت نامه (مج ١)	٧٧٦-
عزت عامر	جيمس إ. لينسى	الانفجار الأعظم	٧٧٧-
حازم محفوظ	مولانا محمد أحمد، ورضا القانرى	صفوة المديح	٧٧٨-
سمير عبد الحميد إبراهيم، وسارة تاكهاشى	نخبة	مختارات من الأدب اليابانى المعاصر	٧٧٩-

- ٧٨٠- من أدب الرسائل الهندية حجاز ١٩٢٠ غلام رسول مهر  
٧٨١- الطريق إلى بكين هدى بدران  
٧٨٢- المسرح المسكون مارفن كاراسون  
٧٨٣- العولة والرعاية الإنسانية فيك جورج ويول ويلدنج  
٧٨٤- الإساءة للطفل ديفيد أ. وولف  
٧٨٥- تأملات عن تطور نكاه الإنسان كارل سجان  
٧٨٦- المنزلة مارجریت أتوود  
٧٨٧- العودة من فلسطين جوزيه بوفيه  
٧٨٨- سر الأهرامات ميروسللاف فرتر  
٧٨٩- الانتظار هاجين  
٧٩٠- الفرانكفونية العربية مونيكا بوتو  
٧٩١- العطور ومعامل العطور في مصر القديمة محمد الشيمي  
٧٩٢- دراسات حول القصص القصيرة منى ميخائيل  
٧٩٣- ثلاث رؤى للمستقبل جون جريفيس  
٧٩٤- التاريخ الشعبى للولايات المتحدة (ج٢) هوارد زن  
٧٩٥- مختارات من الشعر الإسباني (ج١) نخبة  
٧٩٦- آفاق جديدة في دراسة اللغة والذهن تشومسكى  
٧٩٧- الرؤية في ليلة معتمة (مختارات) نخبة  
٧٩٨- الإرشاد النفسى للأطفال كاترين جيلدرود ودافيد جيلدرود  
٧٩٩- سلم السنوات أن تيلار  
٨٠٠- قضايا في علم اللغة التطبيقي ميشيل ماكارثى  
٨٠١- نحو مستقبل أفضل نخبة  
٨٠٢- مسلمو غرناطة في الآداب الأوروبية ماريلا سوليداد  
٨٠٣- التغيير والتنمية في القرن العشرين توماس باترسون  
٨٠٤- سوسولوجيا الدين دانييل هيرفيه ليجيه وچان بول ويلام  
٨٠٥- من لا عزاء لهم كازو إيشيجورو ليش  
٨٠٦- الطبقة العليا المتوسطة ماجدة بركة  
٨٠٧- يحيى حقى : تشريح مفكر مصرى ميريام كوك  
٨٠٨- الشرق الأوسط والولايات المتحدة ليفيد دابليو ليش  
٨٠٩- تاريخ الفلسفة السيامية (ج١) ليو شتراوس وجوزيف كرويسى  
٨١٠- تاريخ الفلسفة السيامية (ج٢) ليو شتراوس وجوزيف كرويسى  
٨١١- تاريخ التحليل الاقتصادى (مج٢) جوزيف أ. شمومبيتر  
٨١٢- تامل العالم الصورة والأسلوب في الحياة الاجتماعية ميشيل ماغيزولى  
٨١٣- لم أخرج من ليلي أتى إرنو  
٨١٤- الحياة اليومية في مصر الرومانية ناقتال لويس  
٨١٥- فلسفة المتكلمين (مج٢) هارى أ. ولفسون  
٨١٦- العو الأمريكى : أصول النزعة الفرسية المعادية لأمريكا فيليب روجيه  
سمير عبد الحميد إبراهيم  
نبيلة بدران  
جلال عبد المقصود  
طلعت السروجى  
جمعة سيد يوسف  
سمير حنا صادق  
سحر توفيق  
إيناس صادق  
خالد أبو اليزيد البلتاجى  
منى الدروبي  
جيهان العيسوى  
ماهر جويجاتى  
منى إبراهيم  
رؤف وصفى  
شعبان مكاوى  
على البيمى .  
حمزة المزينى  
طلعت شاهين  
سميرة أبو الحسن  
عبد الحميد الجمال  
عبد الجواد توفيق  
نخبة  
شربن محمود الرفاعى  
عزة الخميسى  
طاهر البريرى  
محمود ماجد  
خيرى نومة  
أحمد محمود  
محمود سيد أحمد  
محمود سيد أحمد  
حسن التميمى  
فريد الزاهى  
نورا أمين  
أمال الروبى  
مصطفى لييب عبد الغنى  
بدر الدين عرويكى

محمد لطفي جمعة	أفلاطون	مائة أفلاطون : كلام في الحب	٨١٧-
ناصر أحمد إبراهيم وباتسي جمال الدين	أندرية ريمون	الحرفيون والتجار في القرن ١٨ (ج١)	٨١٨-
ناصر أحمد إبراهيم وباتسي جمال الدين	أندرية ريمون	الحرفيون والتجار في القرن ١٨ (ج٢)	٨١٩-
طانيوس أفندي	شكسبير	هملت	٨٢٠-
عبد العزيز بقوش	نور الدين عبد الرحمن الجامي	هفت بيكر	٨٢١-
محمد نور الدين	نخبة	فن الرياعي	٨٢٢-
أحمد شافعي	نخبة	وجه أمريكا الأسود	٨٢٣-
ربيع مفتاح	دافيد برتش	لغة الدراما	٨٢٤-
عبد العزيز توفيق جاويد	ياكوب يوكهارت	حضارة عصر النهضة في إيطاليا (ج١)	٨٢٥-
عبد العزيز توفيق جاويد	ياكوب يوكهارت	حضارة عصر النهضة في إيطاليا (ج٢)	٨٢٦-
محمد علي فرج	دونالد بركول وثريا تركي	البور والمستوطنات والنين يقضون العطلات	٨٢٧-
رمسيس شحاتة	ألبرت أينشتين	النظرية النسبية	٨٢٨-



طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

رقم الإيداع ٧٠٢٦ / ٢٠٠٥

الرقم الدولي - 9-806-305-977

تم تصوير وطبع هذا الكتاب من نسخة مطبوعة



